



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Miljøundersøgelser ved Kvanefjeldet 2001

Arbejdsrapport fra DMU, nr. 166

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Miljøundersøgelser ved Kvanefjeldet 2001

*Arbejdsrapport fra DMU, nr. 166
2002*

Gert Asmund

Datablad

| | |
|--|--|
| Titel: | Miljøundersøgelser ved Kvanefjeldet 2001 |
| Forfatter: Afdeling: | Gert Asmund Afdeling for Arktisk Miljø |
| Serietitel og nummer: | Arbejdsrapport fra DMU, nr. 166 |
| Udgiver: | Miljøministeriet Danmarks Miljøundersøgelser© |
| URL: | http://www.dmu.dk |
| Udgivelsestidspunkt: Redaktionen afsluttet: | September 2002 14.03.02 |
| Redaktion: | Afdeling for Arktisk Miljø |
| Finansiel støtte: | Forskningscenter Risø |
| Bedes citeret: | Asmund, G. 2002: Miljøundersøgelser ved Kvanefjeldet 2001. Danmarks Miljøundersøgelser. 42 s. – Arbejdsrapport fra DMU nr. 166 Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse. |
| Sammenfatning: | I 1982 og 1983 blev der brudt uranmalm i Kvanefjeldet ved Narsaq i Sydgrønland. Noget malm blev anbragt i bunker neden for Kvanefjeldet, og noget malm blev tippet ud over fjeldsiden lige udenfor mineindgangen. Formålet med denne miljøundersøgelse er at undersøge om disse bunker i dag har påviselig effekt på miljøet i Narsaq dalen, i Narsaq Elv og i bugten Narsap Ilua, som er den bugt, hvori elven udmunder efter passage af Kvanefjeldet. Hovedkonklusionen er at malmbunkerne og udsivningen af grundstoffer fra minen ikke har nogen påviselig effekt på Narsaq Elv og Narsap Ilua, idet de fundne forhøjede koncentrationer også fandtes i 1976 som følge af den naturlige påvirkning af miljøet fra de i Kvanefjeldet forekommende grundstoffer. |
| Emneord: | Kvanefjeldet, uran, miljø, tang, blåmusling, fjeldørred, grundstoffer |
| Layout: Tegninger/fotos: | Hanne Kjellerup Hansen Gert Asmund |
| ISSN (elektronisk): | 1399-9346 |
| Sideantal: | 42 |
| Internet-version: | Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_arbejdsrapporter/rapporter/AR166.pdf |
| Købes hos: | Miljøbutikken Information og Bøger Læderstræde 1 DK-1201 København K Tlf.: 33 95 40 00 Fax: 33 92 76 90 e-mail: butik@mim.dk www.mim.dk/butik |

Indhold

Sammenfatning 5

DMU-p suliaanut atatillugu nalunaarusiaq 6

Kalaallisut imaqarnersiornera 6

Indledning 7

1 Feltobservationer 8

Malmbunkerne 8

Tippen under minen i Kvanefjeldet 8

Minen 8

2 Prøveindsamling 9

2.1 Vandprøver 9

2.2 Tang og musling 9

2.3 Fisk 10

3 Analyseresultater 11

3.1 Vandprøver 11

3.2 Biologiske prøver 12

Kviksølv 13

Arsen 14

Selen 14

Beryllium 15

Vanadium 15

Krom 15

Mangan 16

Kobolt og nikkel 16

Zink 16

Rubidium 17

3.3 Sjældne jordarter 17

Zirkonium og niobium 18

Cadmium 19

Antimon 20

Bly 20

Thorium 21

Uran 22

4 Sammenfatning og konklusion 23

Referencer 25

Bilag

Bilag 1 Resultat af muslingeprøver 26

Bilag 2 Analyseresultater for tang 27

Bilag 3 Analyse af ørreder 28

Bilag 4 Analyseresultater for vandprøver 29

Bilag 5 Narsaq projektets analyser for La, Ce, Eu i tang fra 11 lokaliteter i Dyrnæsbugten 30

Bilag 6 Narsaq projektets analyser for La, Ce, Eu i musling fra 15 lokaliteter i

Dyrnæsbugten 31

Bilag 7. Kvalitetskontrol af de kemiske analyser. 32

Bilag 8. Foto fra Narsaqdalen 33

Foto fra Narsaq Dal. 33

Danmarks Miljøundersøgelser 43

Sammenfatning

I 1982 og 1983 blev der brudt uranmalm i Kvanefjeldet ved Narsaq i Sydgrønland. Noget af denne malm blev fragtet til Forsøgscenter Risø ved Roskilde til brug for en prøveopbehandling. Noget malm blev anbragt i bunker neden for Kvanefjeldet, og noget malm blev tippet ud over fjeldsiden lige udenfor mineindgangen. Malmbunkerne og tippet har ligget urørt siden de blev brudt.

Formålet med denne miljøundersøgelse er at undersøge om disse bunker i dag har påviselig effekt på miljøet i Narsaq dalen, i Narsaq Elv og i bugten Narsap Ilua, som er den bugt, hvori elven udmunder efter passage af Kvanefjeldet.

Vegetationen omkring malmbunker og sten-tip har kun i begrænset omfang taget skade, og ny vegetation var ved at spire op i bunkerne.

Tang, blåmusling og fjeldørred er blevet indsamlet i sommeren 2001 og analyseret for grundstofferne

Hg Se As Be V Cr Mn Fe Co Ni Zn Rb Y Zr Nb Mo Cd Sb Ba Pb Th U samt 'Sjældne jordarter' (La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu)

Af de mange grundstoffer, der er undersøgt er det kun 'Sjældne jordarter', zirkonium, niobium og thorium, der viser forhøjelser i forhold til baggrundsværdier og samtidigt er stærkt forhøjede i det vand, der siver ud fra minen. Imidlertid fandtes denne forhøjelse også i 1976, før prøvebrydningen fandt sted. Dog kunne en forhøjelse af bly i de biologiske prøver ikke vises også at eksistere i 1976 på grund af manglende data.

Hovedkonklusionen er derfor at malmbunkerne og udsivningen fra minen ikke i dag har nogen påviselig effekt på Narsaq Elv og Narsap Ilua, idet de fundne forhøjelser også fandtes i 1976 som følge af den naturlige påvirkning af miljøet fra de i Kvanefjeldet forekommende grundstoffer.

DMU-p suliaanut atatillugu nalunaarusiaq

2001-mi Kuannersuarni avatangiisinik misissuinerit

Kalaallisut imaqarneriornera

1982-mi 1983-milu Kujataani Narsap eqqaani Kuannersuarni uranissamik piiasoqarpoq. Uraanissap piiarneqartup ilaa Roskildip eqqaani Forsøgscenter Risø-mut misiliutaasumik akuiarnissaanut atugassanngorlugu avalaanneqarpoq. Uranissap ilaa Kuannersuit ataanut katersorneqarpoq ilaalu qaarusuup isaariaata silatinnguani qaqqap sivingarnganut kuararneqarluni. Tamakku tamarmik taamanili innarlerneqarsimanngillat.

Avatangiisinik misissuinerimi uani siunertarineqarpoq uraanissat eqqarneqarsimasut Narsap qooruani, Narsap kuuani Narsallu Iluani, kangerlummuk kuuata Kuannersuit aqqusaareerlugit aniaffigisaani, ullumikkut avatangiisinut sunniuteqarnerisut misissorneqarnissaat.

Nunap naasui aatsitassat eqqarneqarsimasut eqqaaniittut annikitsuinnarmik ajoquserneqarsimapput, nunallu naasui nutaat eqqakkani naalersimallutik.

Qeqquat, uillut eqaluillu 2001-mi aasaanerani katersorneqarsimapput pinngoqqaatinillu makuninnga akoqassusaat misissorneqarsimallutik

Hg Se As Be V Cr Mn Fe Co Ni Zn Rb Y Zr Nb Mo Cd Sb Ba Pb Th U
aamma "Pinngoqqaatit qaqutigooortut" (La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb
Dy Ho Er Tm Yb Lu)

Pinngoqqaatit arlalippassuit misissorneqarsimasut akornanni taamaallaat "Pinngoqqaatit qaqutigooortut", zirkonium, niobium aamma thorium qaarsoqarfiup imminik akoqassusaanut naleqqiullugit qaffasinnerupput qaarusuullu iluanit imeq kuuttoq aamma qaffasissorujussuulluni. Taamatulli pinngoqqaatinik taakkuninnga annertuumik akoqarnera aamma 1976-mi miseraalluni piiaalinninnermi akoqartigisoq paasineqarsimavoq. Paasissutissanilli tunngavissaqannginneq pissutaalluni 1976-mut naleqqiullugu uumasut misissorneqarsimasut aqerlumik akoqarnerunerat misissuinerimi uani takutinneqarsinnaasimanngilaq.

Taamaattumik pingaarnerusutut naliliinerimi oqaatigisariaqarpoq aatsitassat eqqakkat qaarusummiillu erngup kunnnera Narsap kuanut Narsallu Iluanut sunniutaasinnaasunik takussutissaqanngitsoq, tassa pinngortitap imminik avatangiisinik sunniisimanera tunngavigalugu Kuannersuarni pinngoqqaatit siurnorneqarsinnaasut 1976-mi aamma annertuuneroreersimammata.

Indledning

I 2001 blev der indgået aftale mellem Forsøgscenter Risø og DMU om, at DMU skulle udføre en miljøundersøgelse af, om efterladt malm fra prøvebrydning af uranmalm i Kvanefjeldet havde påvirket dalen og fjordområdet. De nødvendige kemiske analyser udføres dels ved DMU ved atomabsorption, og dels ved Forsøgscenter Risø som råder over et ICP/Massespektrometer.

Feltarbejdet blev udført i perioden 12.-18 .juli 2001 af Gert Asmund (kemiker, DMU) med hjælp af Henning Sørensen (prof.emer., Københavns Universitet), Henning Bohse (geolog, DMU), Tanja Nielsen (kemiker, miljøkoordinator for Nalunaq

1 Feltobservationer

Malmbunkerne

Malmbunkerne lå tydeligt markerede på et fladt område syd for Christiansminde. Der var ikke tegn på ødelæggelse af vegetationen ud over hvad der eventuelt blev ødelagt ved planeringen af området. Der var vegetation helt ind til malmbunkerne, og flere steder kunne man iagttage at der var spiret planter direkte i malmbunkerne. Der var helt tørt omkring bunkerne, så der kunne ikke opsamles gennemsvivende vand. Vegetationen omkring malmbunkerne var for det meste sparsom, nok på grund af de meget tørre omgivelser.

Tippen under minen i Kvanefjeldet

Denne tip, som indeholder ca. 10 000 tons malm var tydelig selv fra lang afstand. Den består af grå bjergarter (diverse varianter af Lujavrit) som fordi de stadig er "nysprængte" adskiller sig fra de omgivende sten. Der var ingen vegetation i tippen, hvilket heller ikke er at forvente, da den hovedsageligt består af store sten uden jord, grus eller sand. Umiddelbart under tippen var der frodig vegetation, som ikke så ud til at have lidt skade. Lidt længere neden for tippen er et område, som tidligere er rapporteret skadet, men vegetationen i dette område var kommet igen. Området manglede pilebuske, som ellers er almindelige på lokaliteten. Det pågældende område (ca 30m x 100m) var meget grønt og så til en vis grad ud som om det var overgødet, med bl.a. trådalger i det gennemsvivende vand. Lignende vegetationstyper kan findes andre steder i dalen, men de dækker ingen steder så stort et område.

Minen

Mineindgangen var forsvarligt lukket med en betonprop med en ståldør. Der løb vand ud fra minen, vurderet til 2 liter per sekund. Vandet var klart, men med et pH på over 10. Det havde (mærkeligt nok) ikke nogen særlig dårlig smag. Der blev taget billeder af ovenstående med tre forskellige kameraer, se bilag 8 for fotos.

2 Prøveindsamling

2.1 Vandprøver

Der indsamledes vandprøver 13. juli og igen 16. juli.

Oversigt over indsamlede 1 liters vandprøver, i alt 14 prøver:

| position nord | position vest | pH 13. juli | pH 16. juli | beskrivelse af lokalitet |
|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------------------|
| 60°58,073 | 45°59,394 | 8,13 | 7,99 | bæk fra Kvanefjelds minen |
| 60°58,195 | 45°59,662 | 10,66 | 10,44 | udsvining fra minen ved minen |
| 60°58,035 | 45°59,553 | 7,22* | 7,15* | naturlig bæk fra kvanefjeldsområdet |
| 60°58,175 | 45°59,151 | 6,8* | 7,25* | Narsaq Elv oven for Kvanefjeldet |
| 60°58,025 | 45°59,215 | 6,98* | 7,31* | Narsaq Elv ved Christiansminde |
| 60°57,648 | 45°59,619 | 6,9* | 7,05* | Narssaq Elv neden for bunkerne |
| 60°57,199 | 46°01,075 | ikke målt | 7,95 | Kvaneelv, ved vejen |

*Måling af pH i dette område i rent vand er usikker. Disse målinger anses ikke for forskellige.

Det mest bemærkelsesværdige er det høje pH, over 10, af det udsivende vand, og at det samme vand efter at have løbet nogle få hundrede meter har et pH på omkring 8. Narssaq Elv har et pH omkring 7, som er vanskeligt at måle nøjagtigt. pH af Narssaq Elv ændrer sig ikke ved passagen af Kvanefjeldet. Bækken som fører det basiske vand fra Kvanefjeldet til Narssaq Elv løber på en strækning af ca 30 meter oven på et mosleje. Mosset er der gået ud. Det samme kan ses andre steder i dalen naturligt, men ikke over så stor en strækning.

2.2 Tang og musling

Fra 5 positioner i bugten Narsap Ilua, hvori Narsaq Elv udmunder, indsamledes ved lavvande tang og blåmusling. Hvert sted indsamledes 20 muslinger, som samme dag blev skåret op med skalpel og sat til afdrypning i 10 minutter. Derefter blev bløddelene udskåret og overført til en polyethylen pose og frosset. Fra de samme positioner indsamledes tangarten *Fucus distichus*, ved to stationer desuden *Fucus vesiculosus*. Skudspidserne blev klippet fra, vasket i rent elvvand, og derefter frosset i en polyethylen pose til brug for analyse. Resten af tangplanten blev kasseret. Alle prøver blev bragt til DMU i Roskilde og anbragt i fryseren på Afdeling for Arktisk Miljø.

| Position nord | position vest | St nr | dato | tangart | tang ID Nr | muslingestørrelser, mm | musling ID Nr |
|---------------|---------------|-------|------|--------------|------------|--|---------------|
| 60°55,587 | 46°03,201 | 1 | 14/7 | vesiculosus? | 24648 | 73 66 57 53 48 49 47 43 | 24644 |
| | | | | distichus | 24646 | 37 46 42 39 51 47 35 72 54 46 50 42 | |
| 60°56,294 | 46°03,552 | 2 | 14/7 | distichus | 24647 | 57 55 62 51 56 47 45 44 | 24645 |
| | | | | | | 45 45 42 47 38 36 38 42 42 40 38 39 | |
| 60°55,982 | 46°02,877 | 3 | 15/7 | distichus | 24654 | 66 61 56 53 53 51 59 57 | 24653 |
| | | | | | | 52 52 53 59 53 50 41 59 51 43 49 48 | |
| 60°56,161 | 46°02,814 | 4 | 15/7 | distichus | 24656 | 66 56 61 60 60 57 60 58 | 24655 |
| | | | | | | 43 44 42 38 49 44 39 35 35 40 41 37 | |
| 60°56,225 | 46°03,958 | 5 | 16/7 | vesiculosos | 24660 | 66 66 59 65 54 50 50 68 | 24662 |
| | | | | distichus | 24661 | 80 53 56 61 49 56 53 50 4 52 49 46 | |

2.3 Fisk

Efter to dages fiskeri med fiskestang af to personer (Nielsen og Asmund) og en fangst på kun 5 ørreder, besluttedes det at rette henvendelse til Narsaq Komunia for at søge om dispensation for det gældende forbud mod at fiske med garn i Narsap Ilua. Kommuneingeniøren gav denne dispensation øjeblikkeligt, og garn blev sat ved "Den store sten" i Narssap Ilua. Første dag fangedes 4 ørreder, og næste dag en. Der blev yderligere indsamlet 10 stk. af almindelig ulk som reserve. Fiskene blev frosset hele. Alle prøver blev bragt til DMU i Roskilde og anbragt i fryseren på Afdeling for Arktisk Miljø.

Oversigt over indsamlede fisk. Position ca 60°56,29 46°03,55

| Art | antal | længde cm | fangstmetode | dato | ID Nr |
|----------------|-------|-----------|------------------|------------|-----------------------|
| Ørred | 1 | 18,8 | blink-fiskestang | 14/7 | 24649 |
| Ørred | 1 | 11,6 | blink-fiskestang | 14/7 | 24650 |
| Ørred | 1 | 42,2 | blink-fiskestang | 14/7 | 24652 |
| Ørred | 1 | 31 | blink-fiskestang | 15/7 | 24657 |
| Ørred | 1 | 18 | blink-fiskestang | 15/7 | 24658 |
| Ørred | 5 | 33,9 | garn | 16/7- 17/7 | 24659 |
| | | 40,5 | | | 24663 |
| | | 41 | | | 24664 |
| | | 39 | | | 24665 |
| | | 22,5 | | | 24666 |
| Ørred | 1 | 35 | garn | 17/7 | 24659 |
| Almindelig ulk | 10 | | garn | 16/7 | ikke nummereret endnu |

3 Analyseresultater

3.1 Vandprøver

Vandprøver blev analyseret på Forsøgscenter Risø ved hjælp af ICP/MS, fluor dog med selektiv elektrode.. Prøvernes identitet var ukendt for Risø-laboratoriet. Analyseresultaterne er vist i bilag 4. På baggrund af disse konkluderes:

Vandet, der siver ud af minen (ca. 2 liter per sekund): Dette vand er stærkt beriget i næsten alle grundstoffer sammenlignet med Narsaq Elv. Følgende stoffer er mere end 1000 gange højere i udsivningen end i elven: Ba, La, Ce. Følgende stoffer er mere end 100 gange højere i udsivningen end i elven: Mn, Fe, Rb, Y, Zr, Nb, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Te, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Th. Følgende grundstoffer er forhøjede men mindre end 100 gange: Be, V, Cr, Co, As, Se, Mo, Cd, F, Sb, Hg, Pb, U.

Stiger koncentrationerne i elven ved passage af minen og malmbunkerne?

De fleste af de undersøgte grundstoffer har samme koncentration ovenfor og nedenfor minen og malmbunkerne. Der er 17 af de målte grundstoffer, der falder ved elvens passage af mine og malmbunker: V, Cr, Mn, Fe, Co, Se, Nb, Ba, Ce, Pr, Sm, Cd, Er, Yb, Lu, Pb, Th.

| Grundstof | Hvor mange gange er koncentrationen i elven højere efter minen end før minen og bunkerne. | Hvor mange gange er koncentrationen højere i mine-udsivningen end i elven |
|-----------|---|---|
| F | 1,6 | 12 |
| Be | 1,4 | 41 |
| As | 1,7 | 4 |
| Cd | 1,4 | 5 |
| Mo | 1,7 | 4 |
| Sb | 1,7 | 35 |
| Zr | 1,1 | 351 |

I ovenstående tabel ses de grundstoffer, der øges mest ved elvens passage af mine og malmbunker. I samme tabel er anført hvor meget højere koncentrationen af disse grundstoffer er i udsivningen end i elven. Når man tager i betragtning, at der løber flere tusinde gange mere vand i elven end i udsivningen kan det konkluderes, at den øgning, der er målt i elven ikke kan skyldes udsivningen fra minen.

Fluor er det grundstof, der har givet de sikreste og nemmest fortolkelige resultater. Det udsivende vand har et fluorindhold på 21 mg/kg, og koncentrationen er 18 mg/kg hvor bækken passerer Christiansminde. Elven ovenfor minen har et indhold på 1,4 mg/kg og 2,2 mg/kg nedenfor minen. Stigningen kan imidlertid ikke tilskrives

udsivningen, da der løber mere end 1000 gange så meget vand i Narsaq elv som i bækken. Prøver taget samme sted, men på to forskellige dage giver samme resultat.

Vandet der løber ud af minegangen i Kvanefjeldet har et beryllium-indhold som er næsten det samme som USA's drikkevandsstandard på 4 µg/l, mens koncentrationen i elven er 50 til 100 gange lavere. Små bække fra Kvanefjeldet er ligeledes beriget i beryllium.

Til sammenligning er også zirkonium nævnt i tabellen. Koncentrationen i elven af zirkonium stiger kun 10% ved elvens passage af mine og malmbunker til trods for at koncentrationen af zirkonium er 351 gange højere i udsivningen end i elven. Dette kunne umiddelbart fortolkes som et bevis for at elvens stigning i de andre grundstoffer der er væsentligt mindre berigede i udsivningen ikke kan forklares ved udsivningen. Men her kan udsivningens høje fluorindhold også forklare at der ikke ses en stor stigning i elven. Det er overvejende sandsynligt, at zirkonium i udsivningen fortrinsvis findes som et fluoridkomplex, som ved fortynding i elven hydrolyseres og udfældes (eventuelt som fosfat).

Konklusionen er altså at det ikke kan påvises at udsivningen påvirkede kemien af Narsaq elv på det tidspunkt hvor undersøgelsen udførtes.

Samtidigt med analyserne af Narsaq Elv analyseredes en prøve fra Kirkespirdalen ved Nanortalik. Narsaq Elv har for næsten alle grundstoffer koncentrationer, der er dobbelt så høje som elven i Kirkespirdalen. Generelt vurderes det, at begge vandløb har lave koncentrationer af alle undersøgte grundstoffer med undtagelse af fluor, hvor koncentrationen er høj i Narsaq Elv.

3.2 Biologiske prøver

Biologiske prøver er på DMU-Arktisk Miljø blevet opløst i salpetersyre ved benyttelse af teflonbomber. Temperaturen holdtes på 150°C i 12 timer. Derefter blev prøverne fortyndet med milli-Q vand og analyseret for Hg, Se og As ved atomabsorption (Asmund og Cleeman 2000) og sendt til Risø for analyse med ICP-MS for de øvrige grundstoffer. Analyseresultaterne er vist i bilag 1-3

I det følgende foretages for hvert grundstof en række sammenligninger. Analyserne af ørreder fra Narsaq sammenlignes med analyser af ørreder fra andre steder i Grønland, og med analyser af en ørred fra Isortoq i Sydgrønland. Denne sidste sammenligning må tages med store forbehold, da analyserne viste at Isortoq ørreden er en stationær ørred (som aldrig vandrer ud i havet) og Narsaq ørrederne er i sagens natur vandrende, da de blev fanget i bugten hvor Narsaq elv udmunder. Desuden er sammenligninger, hvor kun 1 fisk indgår altid usikre.

For tang og musling foretages først en vurdering af om stationen som ligger tæt på udløbet af Narsaq Elv har højere koncentration end stationerne længere væk fra elvudløbet. Hvis denne station er højest, antyder det at elvens indhold af grundstoffer er en betydende kilde

til en øget belastning af bugten med det pågældende grundstof. Desuden sammenlignes koncentrationerne med litteraturværdier publiceret for tang og musling fra uforurenede områder i Grønland (Riget et al. 1994, 1996, 1997, 2000). I disse publikationer findes omregningsfaktorer, som gør det muligt at omregne koncentrationer i *Fucus vesiculosus* til koncentrationer i *Fucus distichus*, samt formler til omregning af koncentrationer fra muslinger af en størrelse til muslinger af en anden størrelse. Disse omregninger benyttes ofte i det følgende.

Endelig sammenlignes koncentrationerne i tang og musling med, hvad der blev fundet i prøver fra Narsaq Ilua i 1976 af deltagerne i Narsaq projektet. Disse resultater er rapporteret af Martin Munk Hansen (1979). Analyserne i Narsaq projektet blev udført ved instrumental neutronaktiverings analyse på Risø. Hvis eventuelt forhøjede koncentrationer er på samme niveau som i 1976 konkluderes det at forhøjelsen ikke skyldes prøvebrydningen i 1982 - 1983, og derfor formodentlig er "naturlig".

De enkelte analyseresultater ses i bilag 1-3. Hvor intet andet er anført er koncentrationerne angivet som µg/kg på tørvægtsbasis.

Kviksølv

Kviksølvkoncentrationen i ørredlever ved Narsaq ligger inden for de niveauer, der er observeret andre steder i Grønland. Det er interessant at referencefisken fra Isortoq har betydeligt højere kviksølvindhold end fiskene fra Narsaq. Da den også har meget lavere arsenindhold er det fordi Isortoq fiskene er rene ferskvandsfisk, medens Narsaq fiskene er af den type, der lever både i ferskvand og i saltvand. Dette er nærmere beskrevet af Riget et al. (2000).

Kviksølvkoncentrationen i blåmuslinger ligger mellem 66 og 110 µg/kg, i middel 86, hvilket svarer nøje til hvad der af AMAP er fundet i Sydgrønland. Muslingerne indsamlet midt i elvens udløbsområde har ikke højere kviksølvkoncentrationer end de øvrige stationer. Muslinger fra Nanortalik området har et kviksølvindhold på 111µg/kg på tørvægtsbasis. Muslinger har altså et kviksølvindhold på samme niveau som fastlagt af AMAP for uforurenede områder i Sydgrønland.

I 1976 fandt Narsaq projektet 98 µg/kg i middel af 15 stationer i Narsaq Bugt. Riget et al (1996) finder et baggrundsniveau for Hg i musling på 78 µg/kg. Resultaterne er sammenfattet i nedenstående tabel.

| Hg i blåmusling µg/kg tørvægtsbasis | middel | range |
|-------------------------------------|--------|----------|
| Narsap Ilua 2001 | 86 | 66 – 116 |
| AMAP (antaget tørstofprocent på 15) | 111 | 91 - 117 |
| Nuuk 1980 til 1982 | 78 | 57 – 97 |
| Narsaq projekt 1976 | 98 | 55 - 168 |

Kviksølv i tang fra Narssap Ilua er meget lavt (5-20 µg/kg). Der er ikke fundet datamateriale velegnet til sammenligning. Tang anses tilsyneladende ikke som velegnet til monitoring for kviksølv.

Det konkluderes, at der ikke er forhøjede kviksølvkoncentrationer i Narsap Ilua.

Arsen

Arsenindholdet i ørredlever fra Narsap Ilua er fra 460 til 3830 µg/kg på tørvægtsbasis. Dette er et lavt niveau for marine organismer, idet arsenindholdet i fisk og fiskeprodukter i gennemsnit er 3300 µg/kg på vådvægtsbasis (Larsen 1993). Arsenindholdet i tang og musling er ikke højere ved st 4 midt i elvudløber end ved de andre stationer i Narsap Ilua. Arsenindholdet i tang ligger i middel på 36982 µg/kg, hvilket er meget tæt på hvad Bohn (1975) rapporterede fra Uummanaq området (35200 til 35800 µg/kg), men lidt højere end rapporteret fra Godthåbsfjord området (25100 til 30700, Riget et al. 1994). Narsaq projektet fandt i 1976 som middel af 10 stationer 35 100 µg/kg (Hansen 1979). I blåmusling fra Uummannaq fandt Bohn (1975) mellem 14100 og 16700 µg/kg. Riget et al. (1994) fandt mellem 9790 og 16100 i Godthåbsfjorden. I middel er blåmuslingerne fra Narssap Ilua på 17163. Altså meget tæt på normalområdet, men dog ret højt. Resultaterne for de forskellige områder i Grønland er sammenfattet nedenfor

| Arsen µg/kg tørvægtsbasis | tang distichus | tang vesiculosus | blåmusling |
|---------------------------|-------------------|---------------------|------------|
| Dyrnæs bugt 2001 | 40734 | 26668 | 17163 |
| Nuuk ca. 1980 | 33600 | 28500 | 12960 |
| Uummannaq 1975 | 41280 | 35500 | 15400 |
| Narsaq projektet 1976 | 40813 | 35100 | 11300 |

Det konkluderes, at arsenindholdet i biologisk materiale fra Narsap Ilua ligger på samme niveau som i andre områder i Grønland, og at der således ikke er forhøjede arsenkoncentrationer i Narsap Ilua.

Selen

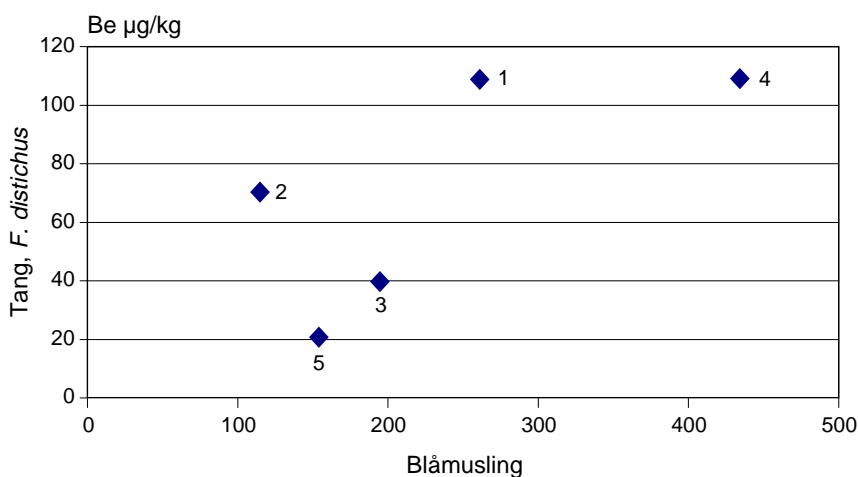
Selenkoncentrationen i Narssaq ørredernes lever er i gennemsnit 1366 µg/kg, hvilket er ca. 3 gange lavere end selenindholdet i Isortoq referencefisken. Det gennemsnitlige selenindhold i lever fra grønlandske marine fisk varierer fra 900 til 7800 µg/kg (Dietz et al. 1997). Narssaq ørrederne er altså indenfor tidligere rapporterede værdier for marine fisk i Grønland hvad angår selen. Selen i blåmusling er bestemt af AMAP til mellem 500 og 1380 µg/kg på vådvægtsbasis. Omregnes Narssaq prøverne til vådvægtsbasis fås i gennemsnit 590 µg/kg, altså i den lave ende af det forventede interval. Selenindholdet i tang er så lavt, at der ikke kan drages nogen sikre konklusioner om det.

Det konkluderes, at selenindholdet i biologisk materiale fra Narsap Ilua ligger på samme niveau som i andre områder i Grønland, og at der således ikke er forhøjede selenkoncentrationer i Narsap Ilua.

Beryllium

Beryllium er et grundstof man kunne forvente forureningsproblemer med, da Kvanefjeldsbjergarterne er stærkt berigede med dette grundstof. En række berylliumminerale har deres typelokalitet i Narssaq dalen. Ørrederne har dog næsten alle et berylliumindhold under detektionsgrænsen på 1.8 µg/kg. Der kan ses en svag påvirkning af musling med beryllium, da muslingeprøven indsamlet lige ved elvens udløb har højere indhold af Be end resten af prøverne, som det ses af følgende diagram, hvori st 4 er stationen ved elvens udløb. St 5 er stationen længst fra elvens udløb. Diagrammet antyder noget i retning af en fordobling af Be-belastningen af blåmusling som følge af elvens påvirkning. Forhøjelsen ses dog kun ved selve elvudløbet og ikke i andre områder af Narsap Ilua. For tang er der ikke en geografisk variation, der antyder en påvirkning med Be.

Det konkluderes, at der findes en meget lokal forhøjelse af berylliumkoncentrationen i blåmusling i Narsap Ilua.



Figur 1. Middelkoncentration af Be µg/kg tørvægt i tang og musling.

Vanadium

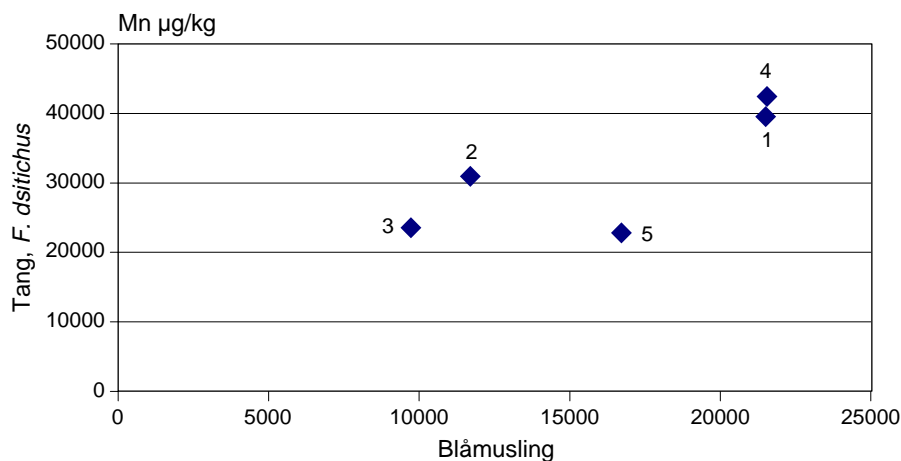
Der er ingen tendens til at tang og muslingeprøverne samlet tæt ved elvudløbet har højere vanadiumkoncentration end i andre områder af Narssaq Ilua, og middelværdien af vanadium i Narssaq ørrederne er lavere end koncentrationen i reference ørreden fra Isortoq. Der er således ikke tegn på, at der er forhøjede vanadiumkoncentrationer i Narsap Ilua.

Krom

Der er ingen tendens til at tang og muslingeprøverne samlet tæt ved elvudløbet er højere end de øvrige prøver, og middelværdien af chrom i Narssaq ørrederne er lavere end koncentrationen i reference ørreden fra Isortoq. Gennemsnitsniveauet i Narssaq muslinger er 696 µg/kg medens baseline levels for Grønland er 1330 (range 727 til 19609, Riget et al. 1996). Også i tang fra Narssaq er koncentrationen lavere (224 µg/kg) end det publicerede baseline niveau på 500 til 1000 (Riget et al. 1997). Der er således ikke tegn på, at der er forhøjede kromkoncentrationer i Narsap Ilua.

Mangan

Ørrederne ved Narsaq har i middel 403 µg/kg, mens referencefisken fra Isortoq har 327 µg/kg. For tang og musling er der ikke en geografisk variation, der antyder en påvirkning af Mn niveauet i Narsap Ilua, se figur 2. Desuden er Mn værdierne i tang og musling på samme niveau som fundet ved baseline undersøgelsen i 1976. Der er således ikke tegn på, at der er forhøjede mangankoncentrationer i Narsap Ilua.



Figur 2. Middelkoncentration af Mn µg/kg tørvægt i tang og musling.

Kobolt og nikkel

Ørredernes gennemsnitsværdier af disse beslægtede elementer er lavere ved Narsaq end ved Isortoq. I tang og musling er der ikke højere Co og Ni værdier ved elvudløbet end ved de øvrige stationer i Narsap Ilua. Baseline level for Co i tang ved Nuuk er 500 til 800 µg/kg (Riget et al. 1996), mens det er 521 ved Narsaq. De tilsvarende tal for musling er 512 ved Nuuk (range 382 til 629) og 687 ved Narsaq, det er næsten inden for range.

Det konkluderes at der ikke er nogen belastning ud over det sædvanlige af disse elementer ved Narsaq.

Zink

Narsaq ørrederne har en middelværdi på 30000 µg/kg. Ved Isortoq er middelværdien 19000, hvilket er lavere, men indenfor den "range" der er fundet ved Narsaq. Zink i musling er 68243 i middel for alle stationer i Narsap Ilua, mens baseline værdien ved Nuuk er 92500 (range 66700 til 117000, Riget et al. 1996). Zinkkoncentrationen i muslingerne fra Narsap Ilua ligger altså indenfor baseline niveauerne. I tang midt i elvudløbet er zinkkoncentrationen 92000, mens gennemsnittet for de fire andre stationer er 36639 (stdafv 3604). Det er altså signifikant højere zinkkoncentration (ca. 3 gange) ved elvudløbet. Baseline niveauet for *Fucus vesiculosus* ved Nuuk er 7200 til 10200, mens det i Narsap Ilua er 30519 (stdafv 7274) (gennemsnit af station 1 og 5). Narsaq-projektet fandt zinkkoncentrationer i *Fucus vesiculosus* i Narsap Ilua på i middel 58154 (stdafv 21500) i 1974 til 1976. Den klare forhøjelse, der fandtes i 2001 fandtes altså også i 1976, og kan derfor ikke tilskrives brydningsaktiviteterne i 1979 og 1980. Resultaterne for

de forskellige områder og år er sammenfattet i nedenstående oversigt.

| Zink µg/kg | Tang F. distichus uden st 4 | Tang F. distichus midt i elvudløb | Tang F. vesiculosus | Blåmusling |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------|------------|
| Narsap Ilua 2001 | 36 639 | 92 369 | 30 519 | 68 243 |
| Base-line Nuuk 1980-82 | 8 270 | | 8 205 | 92 500 |
| Narsap Ilua 1976 | 58 296* | | 58 154 | 97 473 |

* beregnet

Det kan således sammenfattes, at der i ørred og blåmuslinger ikke er fundet forhøjede zinkværdier ved Narsaq, mens zinkniveauet i tang er forhøjet ca. 3 gange. Denne forhøjelse fandtes imidlertid også i 1976, før prøvebrydningen fandt sted.

Rubidium

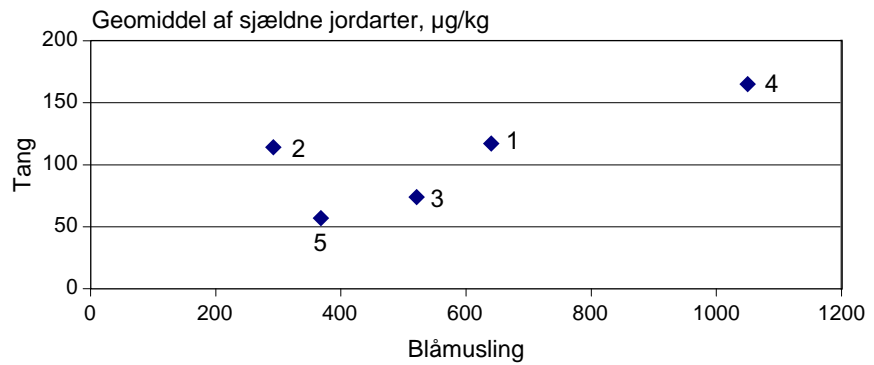
Rubidiumindholdet i ørredlever fra Narsaq er klart lavere, 9310 µg/kg (stdafv 5679) end ved Isortoq, 48025. I tang og musling er rubidiumkoncentrationen ikke højere ved elvudløbet end ved de andre stationer i Narsap Ilua. I blåmusling ved Narsaq er koncentrationen 7559, medens baseline ved Nuuk er 6 670 (range 50640 til 7610, Riget et al. 1994). I tang (*Fucus distichus*) ved Narsaq er middelkoncentrationen 19000 (stdafv 4700), mens baseline niveauet ved Nuuk angives til mellem 10000 og 16000 (Riget et al 1994). Altså en svag og slet ikke signifikant forhøjelse ved Narsaq. Det konkluderes at der ikke er nogen belastning ud over det sædvanlige af rubidium ved Narsaq.

3.3 Sjældne jordarter

Følgende "sjældne jordarter" er analyseret: Yttrium, lanthan, cerium, praseodym, neodym, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, og lutesium. Disse grundstoffer er kemisk set meget ens, og de følges som hovedregel ad i både uorganiske og organiske medier. De konklusioner, der gælder for en af disse stoffer gælder derfor som regel også for de andre. Bjergarterne ved Kvanefjeldet er beriget med disse stoffer, og en vis påvirkning af ørreder, tang og musling i Narsaq bugt kan derfor forventes.

Ørredanalyserne for sjældne jordarter er alt for varierende til at kunne bruges i denne sammenhæng. Forskellen i koncentrationen af de enkelte grundstoffer varierer med mere end en faktor 100 for samme grundstof imellem de forskellige individer. Referenceørreden fra Isortoq ligger inde i dette store variationsområde.

For tang og musling er den geometrisk middelværdi af koncentrationen af sjældne jordarter beregnet og vist i figur 3.



Figur 3. Geomiddelværdi af alle sjældne jordarter i tang og musling

Det ses at der er en vis sammenhæng mellem koncentrationen i tang og musling, og at station 4 midt i elvens udløb har den højeste, samt at station 5, som ligger længst væk, har den laveste. Disse beregninger viser altså at tang og musling må anses som forhøjet i sjældne jordarter som følge af tilførsel af stofferne med Narsaq Elv.

I nedenstående tabel beregnes den geometriske middelværdi af cerium, lanthan og europium, som er de stoffer der analyseredes ved Narsaq i 1976, i baseline studiet ved Nuuk i 1980 til 1982 og i denne undersøgelse.

Niveauet i muslingerne ved Narsaq ligger i 2001 som det ses tydeligt over "baseline level", men på samme niveau som i 1976. I tang ligger niveauet i Narsap Ilua ikke over "base-line". Kun st 4, midt i elvudløbet ligger væsentligt højere end baseline mens st 3 og 5 ligger lavere. Niveauet i 2001 ligger på det samme som i 1976.

I tang og musling er niveauet af de sjældne jordarter i 2001 altså det samme som i 1976, og niveauet i Narsap Ilua er forhøjet, især i musling, som følge af de stoffer der tilføres med Narsaq Elv.

Zirkonium og niobium

Disse to grundstoffer findes forhøjet i de bjergarter der findes i og omkring Kvanefjeldet. De følges som regel ad i naturen selv om de tilsyneladende ikke er udpræget ens i kemiske egenskaber.

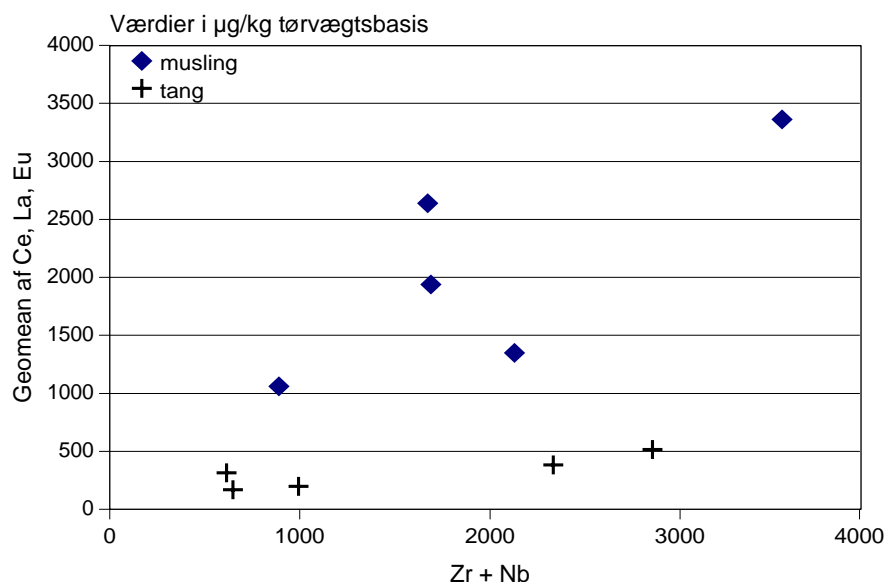
Analyseresultaterne for ørred fra Narsaq er meget varierende med en faktor 50 mellem højeste og laveste fisk. Isortoq ørreden ligger inden for dette variationsområde. Der er ikke fundet nogen referenceværdier for disse to grundstoffer i tang og musling, så vurderingerne bygger alene på fordelingen mellem de 5 stationer i 2001.

| Geomiddelværdi af Ce, La og Eu µg/kg | blåmusling | tang, <i>F. distichus</i> | reference |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|
| Narsap Ilua st1, 2001 | 2637 | 313 | |
| Narsap Ilua st2, 2001 | 1060 | 384 | |
| Narsap Ilua st3, 2001 | 1938 | 199 | |
| Narsap Ilua st4, 2001 | 3361 | 517 | |
| Narsap Ilua st5, 2001 | 1350 | 170 | |
| Narsap Ilua, 1976 | 1805 (range 322-5593) | 453 (range 125-681) | Hansen, 1979 |
| Nuuk 1980-82 | 720 | 317 | Riget et al. 1994, 1996 |

| Sum af Zr og Nb $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørvægtsbasis | Blåmusling | Tang, <i>F. distichus</i> |
|---|------------|---------------------------|
| st1 | 1672 | 615 |
| st2 | 891 | 2333 |
| st3 | 1690 | 993 |
| st4 | 3537 | 2856 |
| st5 | 2130 | 648 |

Det ses, at de højeste koncentrationer findes ved elvudløbet (st. 4), hvor værdierne er 2-4 gange højere end ved de ydre stationer i Narsaq Ilua, hvilket viser, at der sker en forøget tilførsel af zirkonium og niobium med Narsaq Elv.

I figur 4 er koncentrationen af sjældne jordarter plottet mod summen af zirkonium og niobium. Der ses at være god proportionalitet mellem de to typer af grundstoffer, men denne proportionalitet er ikke den samme for tang og musling. Denne proportionalitet tyder således på, at de konklusioner, der kunne drages om sjældne jordarter også gælder for zirkonium og niobium.



Figur 4. Koncentrationen af sjældne jordarter plottet mod koncentrationen af Zr + Nb for både tang og musling

Det konkluderes, at zirkonium og niobium er forhøjet i tang og musling fra de stoffer, der føres ud med Narsaq elv, men den påvirkning vurderes ud fra ligheden med de sjældne jordarter at være naturlig og således også at have været tilstede før prøvebrydningen i 1982-1983.

Cadmium

Cadmiumanalyserne af ørred lever er vanskelige at fortolke. Isortoq ørreden og 7 af Narsaq ørrederne viste cadmiumkoncentrationer under $2 \mu\text{g}/\text{kg}$, mens 4 andre Narsaq ørreder havde 3,6-32-49- og $74 \mu\text{g}/\text{kg}$. Ørredanalyserne vil ikke indgå i vurderingerne. Desuden er det lave Cd niveau muligvis ikke egnet til ICP/MS analyser.

| Cd µg/kg tørvægt | Tang, F. distichus | Tang, F. vesiculosus | Blåmusling | Reference |
|------------------|--------------------|----------------------|-------------------|------------------|
| Narsap Ilua | 882 | 264 | 2708 | |
| Nuuk | 1348 | 1275 | | Riget et al 1994 |
| Nuuk | | | 2380 | Riget et al 1996 |
| | | | range 1632 - 3182 | |
| Qeqertarsuaq | | | 3000* | Riget et al 1997 |

* Beregnet som 5-6 cm musling med tørstof indhold på 20 %, Riget et al 1997

For tang og musling gælder at Cd ikke er forhøjet ved stationen midt i elvudløbet. Overraskende nok er station 5, længst væk, den station, der har højest cadmium både i musling og tang. En lignende fordeling er tidligere blevet observeret i Grønland. Ved Maarmorilik og i Godthåbsfjorden fandtes ligeledes at de mest oceaniske stationer havde det højeste cadmium niveau (Riget et al. 1994) I den følgende tabel sammenlignes gennemsnitskoncentrationen i Dyrnæs bugt med baseline niveauer fra Grønland

De forhold at Cd koncentrationen i muslingerne fra Narsap Ilua er på baseline niveau, at niveauet i tang er tydeligt lavere end baseline, og at der ikke er nogen berigning ved elvudløbet sammenlignet med de øvrige stationer, må tolkes således, at der ikke er nogen forhøjet cadmiumbelastning i Narsap Ilua.

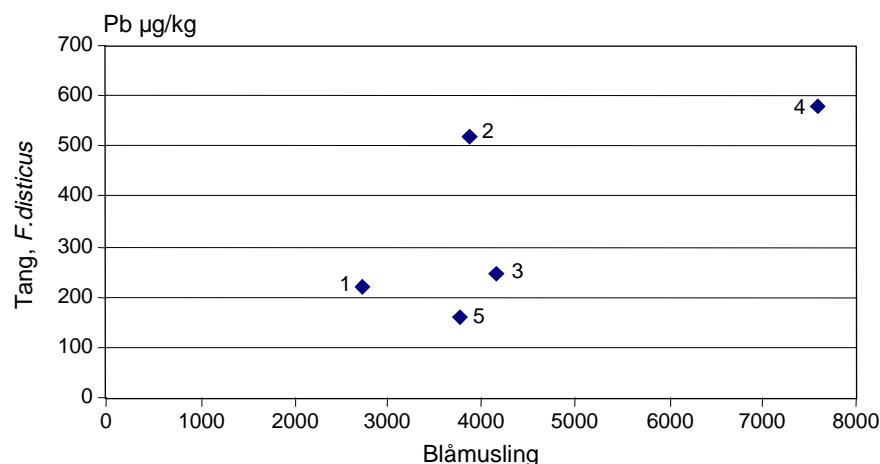
Antimon

Der er ikke fundet nogen information om baseline niveauer for antimon. Da der ikke er nogen forhøjelser af antimon ved stationen midt i elvudløbet sammenlignet med de øvrige stationer i Narsap Ilua, kan det konkluderes at der ikke er noget der tyder på en forøget påvirkning af Narsap Ilua med antimon.

Bly

Bly findes noget forhøjet i bjergarterne i og omkring Kvanefjeldet, bl.a. som henfaldsprodukt fra de radioaktive grundstoffer uran og thorium.. Blyindholdet i lever af ørreder fra Narsap Ilua er i middel 125 µg/kg på tørvægtsbasis. Dette er et forholdsvist højt niveau for fiskelever. F.eks finder AMAP (Riget et al 1997) 23µg/kg på tørvægtsbasis for ulkelever fra Nanortalik og 24µg/kg ved Scoresbysund. Der er dog grund til at tage de 125µg/kg med al mulig forbehold. Dels gav en dobbeltanalyse af referenceørreden 445 og 80 µg/kg, og dels gav alle certificerede referencematerialer blyresultater der var højere end certifikaterne. Blyanalyserne på ørredlever fra Narsaq er derfor for usikre til at drage konklusioner. Generelt er niveauet dog lavt.

Fordelingen af bly i tang og musling mellem stationerne i Narsap Ilua viser, at koncentrationen i både tang og musling er højere ved st. 4 midt i elvudløbet end de øvrige stationer og lavest ved st 1 og 5, som er de stationer der ligger længst fra elvudløbet. Fordelingen antyder altså en klar blybelastning af Narsap Ilua som følge en forøget tilførsel af bly med narsaq Elv.



Figur 5. Middelkoncentration af Pb $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørvægt i tang og musling

I nedenstående tabel sammenlignes blykoncentrationen tang og blåmusling fra Narsap Ilua med baseline værdier fra andre områder i Grønland.

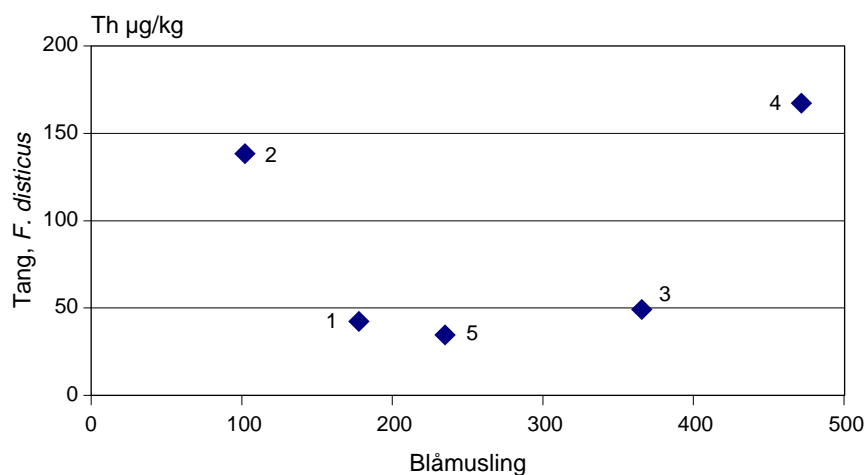
Baseline niveauet for bly i tang er meget usikkert bestemt, men de fundne værdier ved Narsaq ligger inden for de målte baseline koncentrationer. Blykoncentrationen i blåmuslinger er derimod tydeligt forhøjet i Narsap Ilua med en faktor 2-5. Der findes ikke data, som kan belyse, om denne påvirkning også eksisterede før prøvebrydningen i 1982-1983. Det anses imidlertid for mest sandsynligt, at dette har været tilfældet, da det er tilfældet for andre grundstoffer, hvor der er fundet en forhøjet tilførsel med Narsaq Elv. Et studie af sedimenterne i Narsap Ilua vil formodentlig kunne afklare om blybelastningen (og belastningen med andre grundstoffer) fra Narsaq Elv er øget siden 1982.

Thorium

Thoriumanalyserne af ørredlever varierer med mere end en faktor 100. Isortoq ørreden ligger inden for dette variationsområde. Ørredanalyserne kan derfor ikke anvendes til at drage nogen konklusioner om Th belastningen i Narsap Ilua og Narsaq Elv. Fordelingen af Thorium i tang og musling fremgår af figur 6.

Fordelingen viser, at tang og især musling ved elvudløbet (st 4) er mere belastet end de øvrige stationer, men der er ikke så god overensstemmelse mellem tang og musling som for flere andre grundstoffer. I nedenstående tabel er Th koncentrationen i tang i musling sammenlignet med baseline værdier fra andre områder i Grønland og med værdier fra Narsaq projektet i 1976.

| μg bly/kg på tørvægtsbasis | Tang <i>F. distichus</i> | Tang <i>F. vesiculosus</i> | Blåmusling | Reference |
|---------------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Narsap Ilua st 4 | 581 | | 7598 | |
| Narsap Ilua uden st.4 | 267 | 156 | 3632 | |
| Nuuk | 383 (range 100-1200) | | 1730 (range 888-2500) | Riget et al. 1994, 1996 |
| Nanortalik | | | 635 | Riget et al 1997 |



Figur 6. Middelkoncentration af Th $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørvægt i tang og musling

| Th $\mu\text{g}/\text{kg}$ på tørvægtsbasis | Tang <i>F. distichus</i> | Tang <i>F. vesiculosus</i> | Blåmusling | |
|---|--------------------------|----------------------------|------------|-------------|
| | | | middel | range |
| Narsap Ilua 2001 | 78 | 32 | 270 | 102 - 472 |
| Baseline Nuuk. Riget et al 1994, 1996 | 48 | 36 | 86,2* | 37 * - 134* |
| Narsap Ilua 1976 | 72 | 53 (range 27-93) | 248 | 64 - 610 |

* for 3 cm muslinger, lavere for større muslinger som her

Baseline niveauet for Th i tang er fastlagt meget usikkert, da der var en faktor 4 mellem værdien for laveste og højeste station i undersøgelsen. De foreliggende tal tyder imidlertid ikke på nogen berigelse af Th i tang i Narsap Ilua i forhold til baseline for Grønland. Muslingeanalyserne viser derimod en klar forhøjelse af Th i Narsap Ilua. Baselineværdien er 86,2 for 3 cm muslinger og kan beregnes til 63,5 for 6 cm muslinger. Middelværdien for Narsap Ilua er ca 4 gange højere. Thoriumanalyserne udført 25 år tidligere som del af Narsaq projektet viser værdier, som er tæt på, hvad der fandtes i 2001. Narsaq projektets "range" er større, men det skyldes at der var flere stationer i Narsaq projektet.

Det konkluderes, at der i ørred og tang ikke er påvist nogen berigelse med Th, mens Th koncentrationen i blåmusling er tydeligt forhøjet i forhold til baseline, men på samme niveau som i 1976 før prøvebrydningen.

Uran

Ørredanalyserne antyder en berigelse i uran. Dobbeltanalysen af ørreden fra Isortoq gav $<0,02 \mu\text{g}/\text{kg}$ og $0,02$, mens 4 ørreder ud af 10 fra Narsaq havde over $1 \mu\text{g}/\text{kg}$. Men datagrundlaget er for spinkelt til at drage yderligere konklusioner. Der er ikke nogen væsentlig forskel i urankoncentrationen i tang og musling mellem de 5 stationer, specielt er station 4 i elvudløbet ikke, som for mange af de andre grundstoffer, højere end de øvrige stationer. Fordelingen mellem stationer giver altså ikke anledning til at formode at Narsaq elv tilfører fjorden målelige mængder af uran.

4 Sammenfatning og konklusion

Vegetationen omkring malmbunker og sten-tip har kun i begrænset omfang taget skade, og ny vegetation var ved at spire op i bunkerne.

I den følgende tabel sammenfattes resultaterne for grundstofniveauerne i Narssap Ilua og Narsaq Elv.

| | Antal gange højere i mine-udsivning end i elven | | Stiger 50% i elven ved Christiansminde | Ørred er forhøjet | St 4 er højere end andre stationer | | Narsap Ilua højere end baggrund | | Narsap Ilua højere end i 1976 | |
|--------------|---|------|--|-------------------|------------------------------------|-------|---------------------------------|-------|-------------------------------|-------|
| | >1000 | >100 | | | Tang | Musl. | Tang | Musl. | Tang | Musl. |
| Hg | | | | - | - | - | - | - | - | - |
| As | | | + | - | - | - | - | - | - | - |
| Se | | | | - | ? | - | ? | - | ? | - |
| Be | | | + | ? | - | + | | | | |
| Cr | | | | - | - | - | - | - | - | - |
| Mn | | + | | - | - | - | - | - | - | - |
| Co+Ni | | | | - | - | - | - | - | - | - |
| Zn | | | | (+) | + | - | + | - | - | - |
| Rb | | + | | - | - | - | (+) | - | | |
| Sj.Jordarter | + | + | | ? | + | + | - | + | - | - |
| Zr+Nb | | + | | ? | + | + | | | | |
| Cd | | | + | ? | - | - | - | - | | |
| Sb | | | + | ? | - | - | | | | |
| Pb | | | | (+?) | + | + | - | + | | |
| Th | | + | | ? | + | + | - | + | - | - |
| U | | | | (+?) | - | - | | | | |
| Ba | + | | | | | | | | | |
| Mo | | | + | | | | | | | |
| Fe | | + | | | | | | | | |
| F | | | + | | | | | | | |

| | |
|-------|---|
| + | Forhøjelse påvist |
| - | Data viser ingen forhøjelse |
| blank | for tang, musling og ørred: Ingen data. For vand: Mindre end 100 ganges forhøjelse i udsivning fra minen. |
| ? | Data kan ikke forolkes, ofte meget lave koncentrationer |
| (+) | Forhøjelsen er meget lille |
| (+?) | Forhøjelsen er meget lille og tvivlsomt påvist. |

Af de mange grundstoffer, der er undersøgt er det kun 'Sjældne jordarter', zirkonium og niobium samt thorium, der viser forhøjelser i forhold til baggrundsværdier og samtidigt er stærkt forhøjede i udsivningen fra minen. Undersøgelsen i 2001 viser, at denne forhøjelse også fandtes i 1976, før prøvebrydningen, for Zr og Nb's vedkommende på en indirekte måde. Bly viser ingen forhøjelse i vandprøverne, men niveauet er tydelig forøget i musling. Det kan ikke afgøres, om det også var tilfældet før prøvebrydningen, men det anses for sandsynligt.

Beryllium stiger i elven efter passagen af malmbunkerne og er måske forhøjet i musling, men datagrundlaget er spinkelt. Mangan er svagt forhøjet i det udsivende vand fra minen, men ikke forhøjet i tang og musling. Zink er forhøjet i tang

Alle fundne forhøjelser kunne også observeres i 1976, kun forhøjelsen i bly kunne ikke vises også at eksistere i 1976 på grund af manglende data.

Hovedkonklusionen er derfor, at malmbunkerne og udsivningen fra minen ikke har tilført målelige ændringer af områdets belastning med grundstoffer, som findes i områdets bjergarter, og som i visse tilfælde naturligt har medført en forøget tilførsel af nogle grundstoffer med Narsaq Elv til Narsap Ilua.

Referencer

Asmund, G. og Cleemann, M. 2000. Analytical methods, quality assurance and quality control used in the Greenland AMAP programme. *The Science of the Total Environment* , 245: 203-221.

Bohn, A. 1975. Arsenic in marine organisms from West Greenland. *Mar. Pollut. Bull.* 6: 87-89.

Hansen, M.M. 1979. "The Narssaq Project" MARINE BIOLOGY Preliminary Report May 1979.

Data rapport i DMU's arkiver.

Huusfeldt Larsen, E. H. 1993. Arsenic speciation . Development of analytical methods and their application to biological samples and food. Ph. D Thesis. National Food Agency of Denmark, Søborg, Denmark. 116 s.

Riget, F., Johansen, P. og Asmund, G. 1994. Naturlig variation af stofkoncentrationer i tre tangarter indsamlet i Godthåbsfjorden. Grønlands Miljøundersøgelser. Teknisk rapport.100 s.

Riget, F., Johansen, P. og Asmund, G. 1996. Influence of Length on Element Concentrations in Blue Mussels (*Mytilus edulis*). *Mar. Poll. Bull.* 32: 745-751.

Riget, F., Dietz, R., Johansen, P. og Asmund, G. 1997. Heavy Metals in the Greenland Marine Environment. AMAP Results 1994 and 1995. I: Aarkrog, A., Aastrup, P., Asmund, G., Bjerregaard, P., Boertmann, D., Carlsen, L., Christensen, J., Cleemann, M., Dietz, R., Fromberg, A., Storr-Hansen, E., Heidam, N.Z., Johansen, P., Larsen, H., Paulsen, G.B., Petersen, H., Pilegaard, K., Poulsen, M.E., Pritzl, G., Riget, F., Skov, H., Spliid, H., Weihe, P. og Wählin, P.: AMAP Greenland 1994-1996. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Danish Environmental Protection Agency. - Environmental Project 356: 351-407.

Riget, F., Johansen, P. og Asmund, G. 1997. Baseline Levels and Natural Variability of Elements in Three Seaweed Species from West Greenland. *Mar. Poll. Bull.* 34: 171-176.

Riget, F., Asmund, G. og Aastrup, P. 2000. Mercury in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) populations from Greenland. *The Science of the Total Environment* 245: 161-172.

Bilag 1 Resultat af muslingeprøver

| Sted | 1 Narssaq Farm | | 2 Den store sten | | 3 Det grønne hus | | 4 Midt i elvudløb | | 5 længere ude end store sten | |
|----------------|----------------|--------|------------------|--------|------------------|-------|-------------------|--------|------------------------------|--------|
| ID No | 24644 | 24644 | 24645 | 24645 | 24653 | 24653 | 24655 | 24655 | 24662 | 24662 |
| Lab. No | 5424 | 5425 | 5426 | 5427 | 5428 | 5429 | 5430 | 5431 | 5432 | 5433 |
| Indvejning (g) | 0.4363 | 0.4223 | 0.4027 | 0.4062 | 0.4574 | 0.41 | 0.3957 | 0.3835 | 0.4275 | 0.3766 |
| Digest (g) | 25.13 | 25.06 | 26.51 | 25.1 | 25.28 | 25.16 | 25.12 | 25.33 | 25.41 | 25.51 |
| Tørstof (%) | 14.06 | 14.06 | 15.26 | 15.26 | 14.45 | 14.45 | 12.28 | 12.28 | 13.92 | 13.92 |

Resultater i mikrogram per kilogram på tørvægtbasis

| | | | | | | | | | | |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Hg | 92 | 88 | 66 | 77 | 70 | 71 | 86 | 87 | 116 | 110 |
| Se | 4322 | 4386 | 3603 | 4020 | 3210 | 3313 | 4864 | 4881 | 4957 | 4925 |
| Be | 267 | 255 | 115 | 114 | 189 | 201 | 455 | 413 | 144 | 165 |
| V | 2011 | 2179 | 782 | 757 | 680 | 707 | 1054 | 964 | 1071 | 1047 |
| Cr | 1297 | 1366 | 409 | 456 | 512 | 418 | 606 | 488 | 652 | 754 |
| Mn | 21143 | 21878 | 11721 | 11677 | 9205 | 10253 | 22539 | 20564 | 16443 | 17000 |
| Co | 845 | 877 | 523 | 534 | 464 | 519 | 707 | 647 | 877 | 873 |
| Ni | 2598 | 2556 | 769 | 822 | 858 | 1276 | 989 | 911 | 1190 | 1122 |
| Zn | 41797 | 74227 | 75847 | 75394 | 56898 | 54249 | 102765 | 50483 | 77306 | 73461 |
| As | 18020 | 18640 | 15111 | 17460 | 16460 | 16450 | 17230 | 17190 | 17670 | 17400 |
| Rb | 8241 | 7935 | 7194 | 180373 | 6659 | 6876 | 7964 | 7794 | 7646 | 7727 |
| Y | 5066 | 4811 | 2625 | 2583 | 4532 | 4677 | 10202 | 9838 | 2963 | 2961 |
| Zr | 1093 | 1062 | 646 | 738 | 991 | 1423 | 2146 | 2383 | 1390 | 1674 |
| Nb | 634 | 554 | 206 | 192 | 382 | 584 | 1501 | 1043 | 560 | 636 |
| Mo | < 1000 | < 1000 | < 1000 | < 1000 | < 1000 | < 1000 | < 1000 | < 1000 | < 1000 | < 1000 |
| Cd | 2776 | 2650 | 1978 | 1956 | 1900 | 1881 | 2865 | 2702 | 4144 | 4236 |
| Sb | 36.2 | 24.9 | 26.1 | 23.5 | 12.7 | 18.4 | 23.8 | 17.2 | 18.7 | < 16 |
| La | 9232 | 16745 | 5389 | 5393 | 12003 | 11517 | 26111 | 11990 | 6460 | 6329 |
| Ce | 6302 | 11384 | 4131 | 4002 | 8156 | 7586 | 14989 | 6940 | 5756 | 5709 |
| Pr | 1526 | 2762 | 878 | 759 | 1830 | 1809 | 4149 | 1891 | 1092 | 1045 |
| Nd | 4827 | 8910 | 2678 | 2711 | 5924 | 5619 | 13390 | 6284 | 3518 | 3405 |
| Sm | 664 | 1312 | 387 | 308 | 737 | 691 | 1936 | 917 | 521 | 425 |
| Eu | 182 | 153 | 71 | 40 | 63 | 97 | 202 | 172 | 68 | 66 |
| Gd | 2882 | 2825 | 905 | 912 | 1791 | 1762 | 4295 | 4136 | 1130 | 1128 |
| Tb | 213 | 207 | 83 | 80 | 154 | 141 | 357 | 351 | 91 | 100 |
| Dy | 502 | 486 | 243 | 244 | 419 | 409 | 907 | 885 | 317 | 312 |
| Ho | 100 | 94 | 53 | 53 | 83 | 81 | 196 | 189 | 65 | 68 |
| Er | 389 | 382 | 183 | 191 | 306 | 318 | 745 | 671 | 221 | 239 |
| Tm | 28 | 27 | 18 | 16 | 28 | 26 | 61 | 52 | 22 | 22 |
| Yb | 156 | 155 | 103 | 95 | 141 | 150 | 317 | 301 | 121 | 120 |
| Lu | 22.4 | 22.5 | 13.9 | 13.6 | 20.2 | 20.3 | 50.0 | 46.0 | 18.7 | 17.5 |
| Pb | 2762 | 2687 | 3809 | 3959 | 4206 | 4105 | 7808 | 7389 | 3793 | 3735 |
| Th | 179 | 177 | 99 | 106 | 489 | 242 | 502 | 442 | 221 | 250 |
| U | 269 | 267 | 229 | 243 | 431 | 369 | 360 | 373 | 208 | 213 |

Bilag 2 Analyseresultater for tang

| Sted | 1 Narssaq Farm | | | | | 2 Den store sten | | 3 Det grønne hus | | 4 Midt i elv-udløb | | 5 længere ude end store sten | | | | |
|-----------|----------------|--------|---------------|--------|--------|------------------|--------|------------------|--------|--------------------|--------|------------------------------|--------|-------------|--------|--------|
| Art | 1 distichus | | 1 vesiculosus | | | 2 distichus | | 3 distichus | | 4 distichus | | 5 Vesiculosus | | 5 distichus | | |
| ID No | 24646 | 24646 | 24646 | 24648 | 24648 | 24647 | 24647 | 24654 | 24654 | 24656 | 24656 | 24660 | 24660 | 24661 | 24661 | 24661 |
| Lab No | 5434 | 5443 | 5444 | 5436 | 5446 | 5435 | 5445 | 5437 | 5447 | 5438 | 5448 | 5439 | 5449 | 5440 | 5441 | 5450 |
| indv. | 0.4142 | 0.3920 | 0.4088 | 0.5051 | 0.4145 | 0.4233 | 0.4065 | 0.3991 | 0.3797 | 0.3838 | 0.3819 | 0.4785 | 0.3917 | 0.4110 | 0.4077 | 0.3896 |
| digest | 25.07 | 25.23 | 25.22 | 25.59 | 25.31 | 25.07 | 25.13 | 25.31 | 25.56 | 25.20 | 25.30 | 25.03 | 25.03 | 25.75 | 25.42 | 25.54 |
| tørstof % | 11.97 | 11.97 | 11.97 | 18.05 | 18.05 | 17.17 | 17.17 | 14.81 | 14.81 | 15.58 | 15.58 | 20.48 | 20.48 | 11.70 | 11.70 | 11.70 |

Resultater i mikrogram per kilogram på tørvægtbasis

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Hg | 7 | 5 | 5 | 13 | 13 | 7 | 7 | 6 | 5 | 5 | 5 | 10 | 20 | 6 | 9 | 8 |
| Se | 6 | 15 | 6 | 11 | 2 | 32 | 21 | 34 | 7 | 35 | 13 | 26 | 12 | 40 | 36 | 17 |
| As | 49510 | 44840 | 42530 | 12640 | 21940 | 37980 | 40230 | 31400 | 38920 | 41750 | 40660 | 34680 | 37410 | 45020 | 35230 | |
| Be | 111 | 109 | 106 | 54 | 55 | 66 | 74 | 36 | 43 | 108 | 110 | 4 | 5 | 22 | 21 | 19 |
| V | 296 | 273 | 256 | 849 | 1065 | 398 | 427 | 347 | 398 | 373 | 368 | 228 | 186 | 320 | 317 | 246 |
| Cr | 224 | 186 | 155 | 201 | 296 | 222 | 198 | 94 | 183 | 162 | 165 | 150 | 240 | 420 | 379 | 309 |
| Mn | 39949 | 38333 | 40331 | 15995 | 18673 | 30461 | 31475 | 22851 | 24224 | 43680 | 41178 | 4453 | 4970 | 22149 | 23792 | 22425 |
| Fe | 97040 | 88156 | 81047 | 158791 | 202627 | 196578 | 376196 | 47642 | 50452 | 114614 | 107458 | 11463 | 13953 | 48647 | 42196 | 41951 |
| Co | 698 | 671 | 686 | 443 | 492 | 321 | 421 | 318 | 351 | 446 | 439 | 253 | 261 | 862 | 891 | 778 |
| Ni | 1906 | 1323 | 1708 | 42 | < 40 | 460 | 512 | 621 | 761 | 872 | 1234 | 83 | 40 | 1548 | 1661 | 1346 |
| Zn | 34952 | 32901 | 35615 | 35297 | 38167 | 33414 | 32644 | 35618 | 36833 | 96297 | 88442 | 23964 | 24649 | 41568 | 42306 | 40536 |
| Rb | 25445 | 24581 | 26217 | 10932 | 10128 | 22809 | 21676 | 17466 | 14761 | 21252 | 20290 | 15305 | 16768 | 18323 | 19167 | 18945 |
| Y | 449 | 385 | 397 | 221 | 247 | 352 | 362 | 256 | 276 | 635 | 590 | < 200 | < 200 | < 200 | < 200 | < 200 |
| Zr | 568 | 549 | 443 | 701 | 897 | 1708 | 2029 | 817 | 851 | 2400 | 2140 | 350 | 395 | 607 | 550 | 551 |
| Nb | 98 | 105 | 84 | 119 | 153 | 423 | 506 | 148 | 170 | 574 | 597 | 29 | 29 | 93 | 75 | 68 |
| Mo | < 1500 | < 1500 | < 1500 | < 1500 | < 1500 | < 1500 | < 1500 | < 1500 | < 1500 | < 1500 | < 1500 | < 1500 | < 1500 | < 1500 | < 1500 | < 1500 |
| Cd | 1159 | 1107 | 985 | 164 | 171 | 525 | 504 | 512 | 466 | 779 | 783 | 352 | 368 | 1168 | 1259 | 1333 |
| Sb | 13.6 | 13.7 | 3.3 | 16.2 | 16.5 | 16.1 | 13.3 | 16.2 | 21.5 | 18.6 | 13.4 | 17.3 | 14.2 | 14.8 | 13.0 | 10.0 |
| Ba | 15820 | 15031 | 16010 | 8378 | 9251 | 15089 | 15229 | 15378 | 15581 | 15393 | 14040 | 6479 | 7033 | 11714 | 12213 | 12428 |
| La | 1136 | 918 | 984 | 707 | 868 | 843 | 771 | 395 | 453 | 1304 | 1180 | < 250 | < 250 | 328 | 295 | 262 |
| Ce | 711 | 775 | 696 | 744 | 976 | 1272 | 1337 | 442 | 507 | 1614 | 1722 | < 350 | < 350 | 442 | 394 | 230 |
| Pr | 383 | 356 | 342 | 246 | 318 | 307 | 312 | 172 | 193 | 443 | 439 | 34 | 36 | 154 | 139 | 130 |
| Nd | 1560 | 1478 | 1369 | 1012 | 1304 | 1262 | 1238 | 706 | 814 | 1799 | 1780 | 154 | 162 | 607 | 634 | 552 |
| Sm | 246 | 218 | 202 | 166 | 203 | 208 | 199 | 122 | 137 | 281 | 301 | 22 | 31 | 103 | 100 | 89 |
| Eu | 65 | 28 | 37 | 41 | 28 | 42 | 68 | 39 | 39 | 73 | 61 | 16 | 14 | 58 | 36 | 49 |
| Gd | 307 | 301 | 281 | 199 | 254 | 242 | 238 | 140 | 162 | 370 | 347 | 32 | 36 | 125 | 124 | 114 |
| Tb | 39 | 37 | 33 | 27 | 33 | 33 | 36 | 20 | 22 | 52 | 50 | 6 | 4 | 17 | 18 | 18 |
| Dy | 115 | 109 | 101 | 83 | 93 | 101 | 129 | 80 | 94 | 180 | 176 | 20 | 21 | 74 | 63 | 71 |
| Ho | 22.2 | 23.5 | 22.2 | 14.4 | 19.6 | 19.1 | 21.2 | 16.9 | 17.2 | 29.8 | 32.1 | 3.2 | 4.3 | 14.3 | 11.1 | 13.7 |
| Er | 88.8 | 77.0 | 80.1 | 54.8 | 66.0 | 79.7 | 91.7 | 53.5 | 63.4 | 130.1 | 118.3 | 13.7 | 14.5 | 47.7 | 52.0 | 44.7 |
| Tm | 8.69 | 7.42 | 6.74 | 3.60 | 4.86 | 6.85 | 8.70 | 4.98 | 4.93 | 9.44 | 10.30 | 1.48 | 1.33 | 5.11 | 6.24 | 3.49 |
| Yb | 60.6 | 54.6 | 51.9 | 35.4 | 38.1 | 47.9 | 55.4 | 33.8 | 40.6 | 79.9 | 67.2 | 8.9 | 12.4 | 48.9 | 44.9 | 29.7 |
| Lu | 8.31 | 7.10 | 8.84 | 3.94 | 5.25 | 6.02 | 8.02 | 6.23 | 5.54 | 9.57 | 10.92 | 0.96 | 1.18 | 5.90 | 5.95 | 4.19 |
| Pb | 229 | 233 | 202 | 212 | 231 | 618 | 416 | 235 | 260 | 587 | 574 | 105 | 76 | 169 | 166 | 144 |
| Th | 41 | 46 | 39 | 43 | 60 | 137 | 140 | 44 | 54 | 175 | 159 | 12 | 14 | 35 | 33 | 36 |
| U | 1320 | 1295 | 1266 | 546 | 574 | 765 | 762 | 973 | 1107 | 1153 | 1137 | 1306 | 1335 | 1560 | 1523 | 1496 |

Bilag 3 Analyse af ørreder

| | Isortoq | | Narssaq | | | | | | | | | | | |
|--|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ID nr | 22158 | | 24649 | 24650 | 24652 | 24657 | 24658 | 24659 | 24663 | 24664 | 24665 | 24665 | 24665 | |
| længde cm | 38,5 | | 18,8 | 12 | 42,2 | 31 | 18 | 33,9 | 40,5 | 41 | 39 | 22,5 | | |
| vægt g | 380 | | 47,6 | 12,4 | 832 | 175,9 | 47,6 | 491 | 801 | 662 | 688 | 100,8 | | |
| køn | | | M | F | F | M | ? | F | M | F | F | M | | |
| Lab nr | 5452 | 5453 | 5454 | 5455 | 5456 | 5457 | 5458 | 5461 | 5462 | 5463 | 5464 | 5465 | 5466 | 5467 |
| Indvejning | 0.4305 | 0.4179 | 0.4635 | 0.3834 | 0.4459 | 0.4173 | 0.398 | 0.4090 | 0.4143 | 0.4014 | 0.4246 | 0.4173 | 0.4411 | 0.3943 |
| Digest | 25.38 | 25.02 | 25.01 | 25.49 | 25.09 | 25.31 | 25.15 | 25.15 | 25.47 | 25.32 | 25.18 | 25.38 | 25.01 | 25.31 |
| Tørstof% | 19.93 | 19.93 | 27.38 | 20.91 | 28.02 | 28.02 | 17.47 | 21.71 | 28.77 | 28.77 | 28.26 | 25.17 | 29.28 | 29.28 |
| Resultater i mikrogram per kilogram på tørvægtsbasis | | | | | | | | | | | | | | |
| Hg | 3655 | 3598 | 69 | 45 | 142 | 148 | 6186 | 111 | 97 | 101 | 157 | 191 | 134 | 141 |
| Se | 3956 | 3898 | 1783 | 2935 | 1024 | 1083 | 2329 | 1435 | 1124 | 1074 | 942 | 893 | 896 | 881 |
| As | 10 | <20 | 1560 | 1000 | 3060 | 3020 | 500 | 460 | 2080 | 2180 | 2920 | 3830 | 2370 | 2540 |
| Be | < 1.8 | < 1.8 | 1.85 | 1.85 | < 1.8 | < 1.8 | < 1.8 | 2.36 | < 1.8 | < 1.8 | < 1.8 | < 1.8 | < 1.8 | < 1.8 |
| V | 4.38 | 4.41 | 9.34 | 7.03 | 1.93 | 0.43 | 5.06 | 1.17 | 1.19 | < 0.4 | < 0.4 | 0.43 | < 0.4 | < 0.4 |
| Cr | 327 | 180 | 122 | 145 | 36 | 53 | 63 | 103 | 217 | 6 | 87 | < 6.0 | 10 | 26 |
| Mn | 378 | 276 | 688 | 804 | 195 | 184 | 553 | 606 | 545 | 217 | 153 | 516 | 177 | 193 |
| Fe | 15096 | 15462 | 16812 | 15966 | 12207 | 12471 | 37881 | 17206 | 11807 | 11127 | 15162 | 14580 | 14261 | 14080 |
| Co | 12.4 | 1.1 | 10.2 | 7.4 | < 1.0 | < 1.0 | 1.7 | 15.8 | < 1.0 | < 1.0 | < 1.0 | < 1.0 | < 1.0 | < 1.0 |
| Ni | 231 | 124 | 324 | 257 | < 27 | < 27 | 49 | 28 | 258 | < 27 | < 27 | < 27 | < 27 | < 27 |
| Zn | 18771 | 20176 | 37453 | 60243 | 17927 | 16963 | 98539 | 30251 | 14656 | 14992 | 14283 | 20943 | 16396 | 16724 |
| Rb | 46808 | 49242 | 12298 | 26259 | 7059 | 7250 | 9809 | 9585 | 6043 | 6180 | 6806 | 8316 | 5850 | 6275 |
| Y | 1.86 | 2.41 | 25.09 | 11.37 | < 0.02 | 0.10 | 5.78 | 1.28 | 1.16 | 0.40 | 0.20 | 0.10 | 0.02 | < 0.02 |
| Zr | 7.10 | 5.12 | 60.73 | 14.17 | 6.07 | 1.29 | 11.51 | 6.60 | 1.47 | 1.79 | 1.54 | 7.29 | < 1.2 | 1.34 |
| Nb | 1.01 | 0.17 | 16.40 | 3.05 | 1.56 | 0.84 | 2.82 | 1.16 | 0.63 | 0.49 | 0.16 | < 0.16 | < 0.16 | 0.56 |
| Mo | < 2000 | < 2000 | < 2000 | < 2000 | < 2000 | < 2000 | < 2000 | < 2000 | < 2000 | < 2000 | < 2000 | < 2000 | < 2000 | < 2000 |
| Cd | < 2.0 | < 2.0 | 3.55 | 32.68 | < 2.0 | < 2.0 | 48.85 | 73.53 | < 2.0 | < 2.0 | < 2.0 | < 2.0 | < 2.0 | < 2.0 |
| Sb | < 0.8 | < 0.8 | 5.61 | 7.05 | < 0.8 | < 0.8 | < 0.8 | < 0.8 | 4.88 | < 0.8 | < 0.8 | < 0.8 | 2.55 | 0.85 |
| Ba | 157.0 | 39.3 | 153.4 | 119.1 | 2.9 | < 1.3 | 366.7 | 77.1 | 40.3 | 5.3 | 1027.0 | < 1.3 | < 1.3 | 1.3 |
| La | 9.70 | 11.76 | 64.56 | 19.29 | < 0.1 | 0.81 | 29.01 | 3.40 | 0.41 | 0.60 | 2.67 | 0.10 | < 0.1 | < 0.1 |
| Ce | 11.10 | 9.41 | 94.01 | 20.35 | 1.26 | 1.91 | 42.99 | 5.54 | 1.72 | 3.28 | 4.43 | 0.43 | < 0.4 | < 0.4 |
| Pr | 1.56 | 1.83 | 13.12 | 3.30 | 0.20 | 0.12 | 5.44 | 0.62 | 0.40 | 0.20 | 1.20 | < 0.06 | 0.11 | 0.22 |
| Nd | 5.05 | 6.27 | 38.41 | 10.34 | < 1.0 | 1.30 | 12.78 | 2.31 | 0.96 | 1.11 | 1.28 | < 1.0 | < 1.0 | < 1.0 |
| Sm | 1.12 | 1.68 | 5.11 | 1.57 | < 0.05 | < 0.05 | 0.20 | 1.33 | 0.31 | 0.06 | 0.30 | 0.05 | < 0.05 | 0.57 |
| Eu | 0.68 | 0.71 | < 0.7 | 0.78 | < 0.7 | < 0.7 | < 0.7 | < 0.7 | < 0.7 | < 0.7 | < 0.7 | 0.72 | < 0.7 | < 0.7 |
| Gd | 1.21 | 1.00 | 8.15 | 2.36 | 0.23 | 0.25 | 3.11 | 0.53 | 0.96 | 0.19 | 0.58 | < 0.05 | 0.30 | 0.05 |
| Tb | 0.05 | < 0.05 | 0.66 | 0.11 | 0.05 | 0.23 | 0.39 | 0.14 | < 0.05 | 0.06 | < 0.05 | 0.06 | < 0.05 | < 0.05 |
| Dy | 0.67 | 0.24 | 3.96 | 0.77 | < 0.08 | 0.08 | 0.94 | < 0.08 | < 0.08 | 0.58 | < 0.08 | 0.56 | < 0.08 | 0.41 |
| Ho | 0.02 | 0.02 | 0.71 | 0.18 | < 0.02 | 0.05 | 0.14 | < 0.02 | 0.06 | 0.02 | < 0.02 | 0.02 | < 0.02 | 0.09 |
| Er | 0.37 | 0.15 | 3.03 | 0.56 | < 0.03 | 0.04 | 0.83 | < 0.03 | < 0.03 | < 0.03 | 0.03 | < 0.03 | < 0.03 | 0.04 |
| Tm | < 0.03 | < 0.03 | 0.15 | < 0.03 | < 0.03 | 0.03 | 0.07 | < 0.03 | < 0.03 | < 0.03 | < 0.03 | < 0.03 | < 0.03 | < 0.03 |
| Yb | 0.12 | 0.27 | 1.28 | 0.93 | 0.11 | < 0.1 | < 0.1 | 0.12 | < 0.1 | 0.44 | 0.26 | 0.27 | < 0.1 | < 0.1 |
| Lu | 0.06 | < 0.02 | 0.28 | 0.07 | 0.14 | < 0.02 | < 0.02 | 0.02 | < 0.02 | < 0.02 | < 0.02 | 0.11 | 0.02 | < 0.02 |
| Pb | 445 | 80 | 170 | 115 | 81 | 45 | 145 | 75 | 193 | 66 | 95 | 231 | 181 | 102 |
| Th | 0.05 | 0.46 | 5.61 | 0.86 | 0.05 | < 0.05 | 0.96 | 0.33 | 0.06 | < 0.05 | 0.15 | < 0.05 | < 0.05 | 0.06 |
| U | 0.02 | < 0.02 | 4.02 | 5.99 | < 0.02 | 0.08 | 3.13 | 1.11 | < 0.02 | 0.08 | < 0.02 | < 0.02 | < 0.02 | < 0.02 |

Bilag 4 Analyseresultater for vandprøver

| µg/kg | Elv ved Christiansminde | | Elv ovenfor kvanebjerg | | udsivning fra minen | | naturlig bæk | | Milli Q vand | Elv neden for bunkerne | | Bæk fra Kvanebjerg | | Kvaneelv | |
|---------|-------------------------|--------|------------------------|--------|---------------------|----------|--------------|-------|--------------|------------------------|-------|--------------------|--------|----------|-------|
| | Nr.1 | Nr 17 | Nr 2 | Nr 20 | Nr 3 | Nr 5 | Nr 4 | Nr 11 | Nr 6 | Nr 7 | Nr 15 | Nr 8 | Nr 9 | Nr 13 | Nr 19 |
| Be | 0.058 | 0.090 | 0.060 | 0.085 | 0.240 | 4.315 | 2.533 | 0.207 | 0.006 | 0.093 | 0.116 | 1.044 | 1.118 | 0.152 | 0.151 |
| V | 0.037 | 0.048 | 0.061 | 0.065 | 0.502 | 2.671 | 2.037 | 0.182 | 0.001 | 0.054 | 0.058 | 0.856 | 0.795 | 0.119 | 0.129 |
| Cr | 0.030 | 0.124 | 0.153 | 0.083 | 0.063 | 0.681 | 0.905 | 0.115 | 0.081 | 0.131 | 0.087 | 0.157 | 0.115 | 0.057 | 0.154 |
| Mn | 0.592 | 0.824 | 0.728 | 1.337 | 3.119 | 144.360 | 66.606 | 0.588 | 0.041 | 0.521 | 0.779 | 1.226 | 0.661 | 0.100 | 0.182 |
| Co | 0.161 | 0.116 | 0.157 | 0.066 | 0.156 | 1.408 | 0.781 | 0.061 | 0.097 | 0.059 | 0.045 | 0.049 | 0.031 | 0.052 | 0.041 |
| Ni | <1.4 | <0.4 | <1.8 | <0.25 | <0.3 | <2.5 | <1.5 | <0.3 | <0.2 | <0.25 | <0.3 | <0.25 | <0.5 | <0.25 | <0.3 |
| Zn | <6 | <20 | <7 | <6 | <10 | 242.597 | 87.775 | <20 | <4 | <5 | <5 | <20 | <15 | <7 | <7 |
| As | 0.417 | 0.394 | 0.322 | 0.307 | 1.588 | 1.961 | 1.239 | 0.171 | < 0.007 | 0.513 | 0.535 | 1.870 | 1.990 | 1.643 | 1.804 |
| Se | 4.547 | 11.147 | 3.755 | 14.650 | 5.913 | 11.560 | 6.438 | 6.578 | 2.160 | 7.145 | 4.776 | 4.614 | 3.883 | 6.363 | 7.190 |
| Rb | 7.357 | 3.864 | 3.929 | 3.594 | 32.622 | 1808.265 | 23.666 | 6.782 | 0.075 | 4.394 | 4.423 | 19.482 | 20.400 | 5.074 | 5.234 |
| Y | 0.108 | 0.141 | 0.127 | 0.145 | 0.795 | 41.804 | 12.484 | 0.847 | 0.003 | 0.139 | 0.131 | 2.786 | 2.534 | 0.397 | 0.364 |
| Zr | 0.081 | 0.097 | 0.094 | 0.099 | 1.132 | 63.413 | 3.864 | 0.191 | 0.010 | 0.103 | 0.101 | 1.704 | 1.638 | 0.099 | 0.064 |
| Nb | 0.028 | 0.049 | 0.039 | 0.053 | 0.806 | 11.878 | 1.422 | 0.047 | 0.003 | 0.028 | 0.045 | 0.261 | 0.230 | 0.008 | 0.006 |
| Mo | 3.218 | 3.584 | 2.899 | 3.067 | 22.414 | 24.661 | 5.685 | 5.241 | 0.013 | 5.079 | 5.045 | 31.663 | 31.984 | 5.360 | 5.283 |
| Cd | 0.063 | 0.079 | 0.066 | 0.070 | 0.446 | 0.590 | 0.140 | 0.106 | < 0.00005 | 0.083 | 0.108 | 0.637 | 0.656 | 0.117 | 0.123 |
| Sb | 0.048 | 0.054 | 0.040 | 0.048 | 3.106 | 3.565 | 0.402 | 0.312 | <0.01 | 0.073 | 0.073 | 2.432 | 2.747 | 0.155 | 0.151 |
| Ba | 0.589 | 0.650 | 0.623 | 0.803 | 0.716 | 2275.4 | 14.783 | 1.850 | 0.008 | 0.549 | 0.645 | 1.489 | 1.336 | 3.884 | 4.120 |
| La | 0.157 | 0.226 | 0.185 | 0.245 | 1.734 | 3230.6 | 26.166 | 1.345 | 0.013 | 0.216 | 0.203 | 3.969 | 3.441 | 0.605 | 0.561 |
| Ce | 0.130 | 0.282 | 0.188 | 0.286 | 3.142 | 4614.79 | 36.176 | 0.339 | 0.023 | 0.193 | 0.183 | 2.476 | 2.152 | 0.085 | 0.119 |
| Pr | 0.029 | 0.049 | 0.038 | 0.047 | 0.311 | 28.045 | 6.046 | 0.252 | 0.002 | 0.041 | 0.038 | 0.773 | 0.684 | 0.134 | 0.131 |
| Nd | 0.111 | 0.157 | 0.131 | 0.162 | 0.943 | 85.057 | 20.835 | 0.902 | 0.004 | 0.143 | 0.140 | 2.789 | 2.422 | 0.471 | 0.463 |
| Sm | 0.016 | 0.026 | 0.021 | 0.028 | 0.117 | 9.731 | 3.188 | 0.147 | 0.001 | 0.023 | 0.018 | 0.414 | 0.352 | 0.064 | 0.072 |
| Eu | 0.005 | 0.008 | 0.007 | 0.006 | 0.012 | 1.559 | 0.395 | 0.022 | <0.0002 | 0.005 | 0.007 | 0.051 | 0.050 | 0.027 | 0.024 |
| Gd | 0.028 | 0.037 | 0.035 | 0.043 | 0.213 | 20.306 | 5.384 | 0.238 | 0.002 | 0.029 | 0.033 | 0.603 | 0.468 | 0.102 | 0.113 |
| Tb | 0.009 | 0.011 | 0.011 | 0.010 | 0.058 | 5.104 | 1.493 | 0.069 | 0.001 | 0.009 | 0.011 | 0.191 | 0.153 | 0.029 | 0.033 |
| Dy | 0.011 | 0.019 | 0.013 | 0.012 | 0.111 | 5.922 | 1.689 | 0.092 | <0.00005 | 0.014 | 0.013 | 0.339 | 0.301 | 0.044 | 0.045 |
| Ho | 0.002 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.022 | 1.181 | 0.330 | 0.019 | 0.000 | 0.003 | 0.004 | 0.073 | 0.065 | 0.007 | 0.010 |
| Er | 0.015 | 0.017 | 0.018 | 0.018 | 0.105 | 7.386 | 2.080 | 0.112 | 0.001 | 0.018 | 0.015 | 0.336 | 0.277 | 0.050 | 0.048 |
| Tm | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.009 | 0.386 | 0.108 | 0.007 | <0.00005 | 0.001 | 0.001 | 0.027 | 0.024 | 0.004 | 0.003 |
| Yb | 0.005 | 0.009 | 0.007 | 0.012 | 0.051 | 2.640 | 0.763 | 0.048 | 0.000 | 0.007 | 0.008 | 0.165 | 0.139 | 0.020 | 0.021 |
| Lu | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.006 | 0.354 | 0.111 | 0.008 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.026 | 0.021 | 0.003 | 0.004 |
| Hg | 0.265 | 0.123 | 0.145 | 0.121 | 0.145 | 0.164 | 0.186 | 0.152 | 0.263 | 0.254 | 0.138 | 0.207 | 0.216 | 0.144 | 0.131 |
| Pb | 0.147 | 3.588 | 0.108 | 0.169 | 0.987 | 18.531 | 9.911 | 0.196 | <0.03 | 0.081 | 0.090 | 1.937 | 0.190 | 0.055 | 0.062 |
| Th | 0.016 | 0.023 | 0.025 | 0.032 | 0.503 | 40.549 | 0.538 | 0.021 | 0.005 | 0.025 | 0.025 | 0.247 | 0.262 | 0.012 | 0.007 |
| U | 1.331 | 1.457 | 1.364 | 1.457 | 7.384 | 28.092 | 8.119 | 0.939 | 0.002 | 1.655 | 1.349 | 10.476 | 11.125 | 0.210 | 0.216 |
| F mg/kg | 1.67 | 1.62 | 1.43 | 1.39 | 21.9 | 20.5 | 1.47 | 1.48 | < 0.5 | 2.28 | 2.2 | 19.4 | 17.1 | 2.95 | 2.99 |

Bilag 5 Narsaq projektets analyser for La, Ce, Eu i tang fra 11 lokaliteter i Dyrnæsbugten

| Instrumentel neutronaktivering | µg/kg i fucs vesiculosus, tørvægtsbasis | | | | disticus |
|--------------------------------|---|------|--------|---------|---------------------|
| | La | Ce | Eu | geomean | beregnet geomean |
| | 1600 | 2080 | 19.6 | 403 | 569 |
| | 1320 | 2320 | 16.2 | 367 | 519 |
| | 2180 | 2410 | 21.3 | 482 | 681 |
| | 575 | 1590 | 13.6 | 232 | 327 |
| | 1320 | 1810 | 15.5 | 333 | 471 |
| | 1150 | 1410 | 12.1 | 270 | 381 |
| | 1030 | 1280 | 12.3 | 253 | 358 |
| | 2060 | 2140 | 21 | 452 | 639 |
| | 1060 | 1750 | 16.8 | 315 | 445 |
| | 154 | 639 | 7* | 88 | 125 |
| | 1030 | 1460 | 17.1 | 295 | 417 |
| middel | 1225 | 1717 | 15.7 | 321 | 453 |
| factor dist/ves** | 0.705 | 0.66 | 0.7625 | 0.708 | |
| Beregnet distichus | 1738 | 2602 | 20.6 | 453 | |

* skønnet tal.

** fra Riget et al 1994

Bilag 6 Narsaq projektets analyser for La, Ce, Eu i musling fra 15 lokaliteter i Dyrnæsbugten

| Instrumentel neutronaktivering | µg/kg i musling | | | |
|--------------------------------|-----------------|-------|------|---------|
| | La | Ce | Eu | Geomean |
| | 3870 | 5080 | 18.2 | 710 |
| | 8550 | 9610 | 47.8 | 1578 |
| | 6540 | 11400 | 44.7 | 1494 |
| | 9580 | 13600 | 62.6 | 2013 |
| | 11500 | 17600 | 76.1 | 2488 |
| | 29000 | 35700 | 169 | 5593 |
| | 36100 | 22300 | 173 | 5183 |
| | 7890 | 9240 | 50.9 | 1548 |
| | 12000 | 6570 | 46 | 1536 |
| | 7740 | 3810 | 30.5 | 965 |
| | 10500 | 5190 | 37.8 | 1272 |
| | 4560 | 5320 | 33.6 | 934 |
| | 1180 | 1930 | 14.6 | 322 |
| | 2480 | 3960 | 26.8 | 641 |
| | 1510 | 1680 | 17 | 351 |
| middel | 10200 | 10199 | 56.6 | 1805 |

Bilag 7. Kvalitetskontrol af de kemiske analyser

Tre certificerede referencematerialer blev oplukket samtidigt med Narsaq prøverne og medsendt til analyse på Risø uden at Risø vidste hvilke prøver, der var referencematerialer, og hvilke, der var rigtige prøver. Resultatet ses, for de grundstoffer, der indgår i certifikatet, i efterfølgende tabel.

| | Dorm | Dorm | Dorm | Tort | Tort | Dolt | Dolt |
|--------|--------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|
| | 5459 | 5460 | Certifikat | 5442 | Certifikat | 5451 | Certifikat |
| Cr 52 | 35771 | 32125 | 34700 | 1061 | 770 | 373 | 370 |
| Mn 55 | 4199 | 3449 | 3660 | 11320 | 13600 | 5188 | 6880 |
| Fe | 144343 | 138379 | 142000 | 92598 | 105000 | 884028 | 1103000 |
| Co 59 | 155 | 142 | 182 | 565 | 510 | 196 | 240 |
| Ni 60 | 19447 | 17995 | 19400 | 2085 | 2500 | 2643 | 200 |
| Zn | 19276 | 19552 | 25600 | 156810 | 180000 | 72013 | 85800 |
| Cd 111 | 29 | 42 | 43 | 29376 | 26700 | 21440 | 20800 |
| Pb 208 | 124 | 108 | 65 | 470 | 350 | 318 | 220 |

Det ses, at der er god overensstemmelse mellem, hvad der findes af Risø, og hvad der er opgivet i certifikaterne. Dog er der en fejlanalyse for nikkelt i Dolt, men de to andre referencematerialer gav korrekte nikkeltresultater. Det ses også, at bly gennemgående blev analyseret med for høje resultater af Risø (mellem 34% og 91% højere end certifikatet) hvilket må tages i betragtning ved vurderingen af resultaterne fra Narsaq. (Der er her ikke taget stilling til om usikkerheden er introduceret under ICP/MS analysen på Risø eller under prøveforberedelsen på DMU)

Kvalitetskontrollen af vandanalyserne er udført ved benyttelse af dobbeltprøver med for Risø ukendt nummerering. Som det ses at tabellen over vandprøve-analyser er der meget god overensstemmelse af dobbeltprøver. Med dobbeltprøver menes her to prøver taget samme sted, men på forskellige dage. Man kan altså ikke forlange fuldstændig overensstemmelse mellem de to analyseresultater. Der er mellem prøverne også en ultra ren vand-prøve fra AM's Mille-Q vandrenseanlæg. Det ses at denne prøve også gav ultra lave analyseresultater.

Bilag 8. Foto fra Narsaqdalen

Foto fra Narsaq Dal



Udsigt fra Christiansminde over Narsaq dalen, Narsaq by og Narsap Ilua.



Umiddelbart neden for malmbunkerne er vegetationen normal og frodig.



Malmbunke med udsigt mod Nordøst og Ilimmaasaq fjeldet.



Samme sted som ovenstående billede. Med tydelig rig vegetation umiddelbart op til malmbunke.



Græs er spiret op direkte i malmbunkerne.



Planter vokser op i malmbunkerne.



Malmbunkerne set fra vejen ovenfor bunkerne.



Malmbunkerne set fra Kvanefjeldet.



Vegetationen umiddelbart ved malmbunkerne.



Umiddelbart neden for malmbunkerne: Normal vegetation.



Malmtippen set fra Christiansminde. Malmtippen er indrammet. Bækken i midten af billedet består af udsivningen fra minen, som ligger umiddelbart over tippen.



Bækken med mineudsivningen.



Nærbillede af ovenfor nævnte bæk. Der ses grønne trådalger.



Samme bæk løber i frodigt leje.



Samme bæk. Man ser at buske (pil og birk) har taget skade, men den øvrige vegetation er frodig.



Øverst tippen. Nedenfor ses det frodige område, hvorigennem mineudsivningen løber.



Lille pige nyder solen i det grønne område lige neden for malmbunkerne.



To billeder af et sted hvor bækken fra minen tilsyneladende har slået vegetationen ihjel. Nedenfor ses mineindgangen med betonlukke og ståldør.



Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljøministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor 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
Projektchef for kvalitets- og analyseområdet*

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

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

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

*Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi*

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.