

38/2001

TEMA-rapport fra DMU



Minedrift og miljø i Grønland



Minedrift og miljø i Grønland

Poul Johansen

Gert Asmund

Christian M. Glahder

Peter Aastrup

Afdeling for Arktisk Miljø

Karsten Secher

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

TEMA-rapport fra DMU, 38/2001,
Minedrift og miljø i Grønland

Forfattere: Poul Johansen, Gert Asmund, Christian M. Glahder, Peter Aastrup
Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Arktisk Miljø
& Karsten Secher, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

Udgiver: Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser ©
Hjemmeside: www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt: Oktober 2001

Layout, illustrationer og produktion: Linda Fischlein & Britta Munter
Redigering: Kirsten Rydahl Nielsen
Omslagsfoto: GEUS/ENS/Nalunaq I/S og DMU

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Tryk: Scanprint, ISO 14001 miljøcertificeret
EMAS reg. nr. DK-S-0015 miljøregistreret, ISO 9002 kvalitetsgodkendt
Trykfarver: Vegetabiliske uden opløsningsmidler
Omslag lakeret med vandbaseret, vegetabilisk lak
Papir: Cyclus Print, 100 % genbrugspapir



Sideantal: 56
Oplag: 1.500

ISSN (trykt): 0909-8704
ISSN (elektronisk): 1399-4999
ISBN: 87-7772-636-7

Pris: 50,- kr. Klassesæt á 10 stk: 375,- kr. Abonnement (5 numre): 225,- kr.
(Alle priser er incl. 25 % moms, excl. forsendelse)
Rapporten kan også findes som PDF-fil på DMU's hjemmeside

Købes i boghandelen eller hos:

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tel: 46 30 12 00
Fax: 46 39 11 14
E-mail: dmu@dmu.dk
Hjemmeside: www.dmu.dk

Miljøbutikken
Information & bøger
Læderstræde 1-3
1201 København
Tel: 33 95 40 00
Fax: 33 92 76 90
E-mail: butik@mem.dk
Hjemmeside: www.mem.dk/butik

Indhold

5	Forord
7	Minedrift og efterforskning
8	Mineralske råstoffer og miljøet
11	Mineralefterforskning
11	Guldefterforskning ved Nalunaq, Sydgrønland
15	Efterforskning af zink og bly ved Citronen Fjord, Nordgrønland
17	Diamanter i det centrale Vestgrønland
19	Mere efterforskning
20	Miljøundersøgelser ved mineralforekomster
22	Miljøpåvirkninger fra minedrift
22	Oversigt
23	Forurening fra minedrift
23	Kryolitminen i Ivittuut
26	Bly-zinkminen ved Mestersvig
30	Zink-blyminen i Maarmorilik
38	Hvordan er det muligt at modvirke forurening fra minedrift?
38	Dannelse af syre og frigørelse af metal
40	Begrænsning af forureningen i Grønland
41	Regulering af mineralaktiviteter
41	Oversigt
42	Vigtige områder for dyrelivet
43	Reguleringskort
44	Forstyrrelser af dyrelivet
45	Rensdyr
47	Gæs
50	Sammenfatning
50	Forurening fra minedrift
50	Forstyrrelser
51	Miljøbeskyttelse
52	Ordliste
54	Litteratur
55	Tidligere TEMA-rapporter fra DMU
56	Danmarks Miljøundersøgelser



Foto: Jørgen Svensson

Forord



Foto: DMU/Christian M. Glahder

En fjeldrype.

Denne temarapport beskriver, hvordan miljøet bliver påvirket af minedrift og mineralefterforskning i Grønland, og hvordan disse aktiviteter kan foregå på et miljømæssigt bæredygtigt grundlag.

Mange selskaber er involveret i mineralaktiviteter i Grønland, og de fleste er udenlandske med tilsvarende aktiviteter i andre dele af verden. Når et selskab vil udføre mineralaktiviteter i Grønland, skal aktiviteterne godkendes af Råstofdirektoratet, Grønlands Hjemmestyre i Nuuk. En sådan godkendelse omfatter også de miljømæssige forhold, og i den forbindelse er Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) rådgiver for Råstofdirektoratet.

I kapitlet "Minedrift og efterforskning" er der en oversigt over den hidtidige minedrift og mineralefterforskning i Grønland. Det er også beskrevet, hvordan de miljømæssige forhold indgår i vurderingen af de mange faser, et mineprojekt består af. Desuden omtales nogle grønlandske efterforskningsprojekter og de miljømæssige problemstillinger, der knytter sig til disse.

I kapitlet "Miljøpåvirkninger fra minedrift" beskrives de forureningsproblemer, der har været ved tre nu lukkede miner i Grønland: Kryolitminen i Ivittuut i Sydvestgrønland, bly-zinkminen i Mestersvig i Nordøstgrønland og bly-zinkminen i Maarmorilik i Nordvestgrønland. Desuden bliver forureningskilder, samt deres spredningsmekanismer og effekter beskrevet for metallerne bly og zink. Og der er en beskrivelse af, hvordan det er muligt at begrænse en sådan forurening.

Kapitlet "Regulering af mineralaktiviteter" beskriver, hvordan menneskelig aktivitet kan påvirke dyrelivet. Med baggrund i denne viden har Råstofdirektoratet defineret områder i Grønland, som er særligt følsomme for forstyrrelser, og hvor mineralaktiviteter kræver særlig godkendelse. I kapitlet er der eksempler på kort over sådanne områder.

Til slut indeholder rapporten en sammenfatning (side 50), en liste med ord over fagudtryk (side 52) samt en litteraturliste, som bl.a. indeholder yderligere information om rapportens tema.

Kryolitminen i Ivittuut set fra helikopter i 1990-erne. I midten ses det åbne brud, som nu er fyldt med havvand.



Foto: DMU/Poul Johansen

Grafitminen på sydspidsen af Amitsoq
i Sydgrønland blev nedlagt i 1925

Minedrift og efterforskning



Der har været minedrift i Grønland siden midten af 1800-tallet, men frem til midten af 1900-tallet kun i mindre målestok. Oversigten viser de miner, hvor de største mængder malm er udvundet.

Lokalitet	Periode	Råstof	Mængde (brudt malm)
Ivittuut	1854-1987	Kryolit	3,70 mio. tons
Mestersvig	1956-1963	Bly og zink	0,55 mio. tons
Maarmorilik	1973-1990	Zink, bly og sølv	11,30 mio. tons

Siden 1990 har der ikke været minedrift i Grønland, men der har været en betydelig efterforskning, især efter guld, platinmetaller, nikkel, kobber, niobium, tantal, zink og bly samt diamanter. Der har også været en omfattende mineralefterforskning i Grønland før 1990. Det har resulteret i, at mineselskaberne nu har viden om en række mineralforekomster, som potentielt kan udnyttes. Hvorvidt en forekomst resulterer i etablering af en mine afhænger først og fremmest af, om det kan give økonomisk udbytte, og dette er igen styret af en række forhold, herunder verdensmarkedspriser på minens produkter, forekomstens lødighed og beliggenhed, samt teknologien ved udvindingen.

Kortet viser de kendte mineralforekomster i Grønland. I kursiv er angivet en række grundstoffer som f.eks. guld (Au), bly (Pb), zink (Zn) og niob (Nb).

Grønlands undergrund gemmer en lang række mineraler, og nogle af dem kan udnyttes som råstoffer. Mineralerne er blevet efterforsket og udnyttet gennem mere end 100 år, men først omkring 1970 blev miljøbeskyttelse et emne, der indgik i vurderingen af mineaktiviteter i Grønland. Det var affødt af, at der i den vestlige verden fra slutningen af 1960'erne var begyndt at være opmærksomhed om menneskelige aktiviteter skadelige indvirkning på miljøet. I Grønland var anledningen, at minedriften i Maarmorilik var ved at blive etableret.

Kendte mineralforekomster bliver med mellemrum taget op til nyvurdering og eventuelt efterforsket yderligere. Det skyldes som regel, at markedspriserne har ændret sig. Årsagen kan dog også være udvikling af ny teknologi. I Grønland gælder det bl.a. Akuliaruseq (grøft), Sarfartoq (niobium), Isukasia (jern), Tartoq (guld), Josva (kobber/guld), Malmbjerg (molybdæn), Motzfelt Sø (niobium/tantal) og Kangerluarsuk (zirkonium). Ud fra et udnyttelses- og miljømæssigt synspunkt er det derfor vigtigt at gemme

de informationer, der er om de enkelte forekomster og de områder, hvor forekomsterne findes. Derfor har Råstofdirektoratet oprettet et arkiv med borekerner fra undersøgte grønlandske forekomster.

Borekerner i arkivet i Kangerlussuaq/Søndre Strømfjord. Her er ca. 100 km borekerner fra hele Grønland samlet.



Foto: GEUS/S.M. Jensen

Mineralske råstoffer og miljøet

Når man skal vurdere råstofaktiviteternes effekt på miljøet, er det nødvendigt at forholde sig til flere forskellige typer af aktiviteter. Aktiviteterne vil foregå over en række faser, hvor de typiske miljømæssige problemstillinger vil være forskellige i omfang og karakter fra fase til fase.

Oversigt over de forskellige typer af aktiviteter, der er i forbindelse med udnyttelsen af råstoffer.

Fase	Aktivitet	Miljøaspekter
Efterforskning	<ol style="list-style-type: none"> 1) Geologisk kortlægning og indsamling af prøver 2) Geofysiske undersøgelser fra fly 3) Kerneboringer for at afgrænse forekomsten 	<ul style="list-style-type: none"> • Godkendelse af aktiviteter med henblik på at minimere påvirkning af plante- og dyreliv
Lønsomhedsundersøgelse ("feasibilitystudy")	Prøveproduktion	<ul style="list-style-type: none"> • Baggrundsundersøgelser • Identifikation af forurenende stoffer • Miljøvurdering • Miljøgodkendelse
Etablering af mine- og infrastruktur	Opførelse af mineanlæg	<ul style="list-style-type: none"> • I henhold til miljøgodkendelse
Produktion	Brydning og oparbejdning af malm	<ul style="list-style-type: none"> • Overvågning af forurenende stoffer og eventuelle effekter på plante- og dyreliv
Lukning af minen	Fjernelse af anlæg, reetablering af terræn	<ul style="list-style-type: none"> • Overvågning af forurenende stoffer og evt. effekter på plante- og dyreliv • Afsluttende miljøvurdering
Efter lukningen	Ingen	<ul style="list-style-type: none"> • Miljøovervågning



Foto: DMU/Peter Aastrup

En moskusokse tæt ved lejren.

Miljøvurderingen er et centralt element i hele dette forløb, og bliver udarbejdet af det mineselskab, som vil udnytte forekomsten. Miljøvurderingen danner grundlag for godkendelsen af projektet, og vurderingen skal derfor indeholde en grundig beskrivelse af de forventede miljøeffekter samt af, hvordan det er muligt at undgå eller begrænse uønskede effekter. Det betyder, at miljøundersøgelserne skal sættes i gang på et tidligt tidspunkt i et projektføreløb.

I efterforskningsfasen er det karakteristisk, at det geografiske område, som er mål for efterforskningen, efterhånden bliver indskrænket betydeligt. Når efterforskningen starter, bliver typisk flere hundrede km² undersøgt. Det er ekstensive undersøgelser, hvor nogle få geologer f.eks. indsamler prøver fra båd eller helikopter. Efterhånden bliver de interessante områder indsnævret, og indsatsen samler sig typisk om et enkelt eller nogle få malmlegemer inden for et område på få km². Her bliver aktiviteterne intensiveret, og de vil bl.a. omfatte borer og samt muligvis anlæg af kørespor eller veje.

Det betyder, at miljøpåvirkningen i starten af et typisk efterforskningsforløb vil omfatte forstyrrelser af et stort område, men det vil næppe have varige virkninger på omgivelserne. Efterhånden som målet for efterforskningen bliver indsnævret, vil påvirkningen blive mere omfattende, men altså indenfor et mindre geografisk område.

I de følgende figurer har vi skematisk vist, hvilke aktiviteter mineralefterforskning og egentlig minedrift kan omfatte.



Mineselskaberne bruger ofte helikoptere til deres efterforskning. I baggrunden ses moskusokser.

Foto: DMU/Peter Aastrup



Mineralefterforskning i Grønland foregår på mange forskellige måder. Her er mange af aktiviteterne samlet skematisk på ét sted.



Guldefterforskning i Itillersuaq/Kirkespirdalen i Sydgrønland. Mineselskabet undersøger koncentrationen af guld i aflejringerne i dalen ved at sigte sedimentet i en mekanisk sigte.

Foto: DMU/Christian M. Glahder

Mineralefterforskning

Efterforskningsaktiviteter er en del af hverdagen i Grønland, og mineselskaberne og myndighederne arbejder både med gammelkendte og med helt nye forekomster. Der bliver inddraget mange forskellige metoder i eftersøgningen, afhængig af hvilke råstoffer selskaberne leder efter. For at illustrere de forskellige processer vil vi omtale tre aktuelle projekter, som også har involveret undersøgelser af miljøet. Det drejer sig om guldefterforskning i Sydgrønland, bly-zinkefterforskning i Nordgrønland og diamantefterforskning i Vestgrønland.

Guldefterforskning ved Nalunaq, Sydgrønland

Projektet startede i slutningen af 1980'erne, hvor geologer fra flere mineselskaber vaskede små guldflager ud af grus fra elven i Itillersuaq/Kirkespirdalen nær Nanortalik. Nuna Minerals A/S fortsatte undersøgelserne, og i 1992 blev det første synlige guld observeret i det faste fjeld. Senere er undersøgelserne fortsat i samarbejde med andre selskaber, senest med det canadisk ejede mineselskab Crew Development Corporation. Selskaberne har fundet guldet i op til 2 m tykke kvartsårer, som kan følges over en strækning på 1.700 m på fjeldsiden. Mineselskabet har efterhånden foretaget mere end 5.000 m kerneboringer for at afgrænse de guldførende årer. Resultaterne har været så lovende, at mineselskabet i 1998 sprængte en prøvetunnel på næsten 300 m. Der blev indsamlet 120 t guldholdigt kvartsmalm fra åren, og det er bl.a. blevet brugt til at under-





- 1 Ventilation
- 2 Hovedskakt
- 3 Skakt
- 4 Minegang
- 5 Lukket brud
- 6 Støttepille
- 7 Åbent brud
- 8 Gråbjerg
- 9 Oparbejdningsanlæg
- 10 Malmstøtning af koncentrat
- 11 Tailingsdam
- 12 Evt. marin deponering af tailings

Sådan kan en aktiv mine være indrettet. Her er vist eksempler på både åbent og lukket brud.

En borekerne fra Nalunaq i Sydgrønland.



Foto: Andreas Båsen



Foto: DMU/Poul Johansen

Mineselskabet brugte også den "gode gamle" guldgravermetode til at skylle guldet fri af sedimentet.

søge, hvordan det kan lade sig gøre at udvinde guldet fra malmen. I 2000 fortsatte selskabet efterforskningen, og de sprængte yderligere 1.800 m tunneler. Desuden blev 23.000 tons malm knust og sorteret på stedet for at vurdere guldkoncentrationen i malmen relativt præcist. Mineselskabet anlagde også en 8 km lang vej fra fjorden til forekomsten.

Der er sandsynligvis reserver på mindst 413.000 tons malm med et gennemsnitligt indhold på 32 gram guld pr. ton malm, hvilket er en høj lødighed for en guldmine. Der er iværksat en række minegeologiske, tekniske og miljømæssige undersøgelser, som skal danne grundlag for endelig beslutning om, hvorvidt minedriften skal sættes i gang. DMU deltager i miljøundersøgelserne og har bl.a. undersøgt fjorden, fjeldørredbestanden i elven og interviewet fangerne og fiskere i området.

Et af de største miljøproblemer i forbindelse med minedrift i området er at få placeret tailings fra oparbejdningen, så det påvirker omgivelserne mindst muligt. Selskabet er i øjeblikket ved at undersøge to muligheder; at deponere tailings på land bag en dæmning i dalen, eller på dybt vand i fjorden.

Desuden forventer selskabet, at det skal anvende cyanid ved oparbejdningen. Cyanid er meget giftigt både for dyr og mennesker, men hvis det bliver håndteret rigtigt, er det muligt at undgå skader på miljø og mennesker. Det er bl.a. muligt at uskadeliggøre cyanid i spildevandet, inden det bliver udledt. Der blev også brugt cyanid til udvindingen af bly og zink i Maarmorilik, uden at det her gav miljøproblemer.

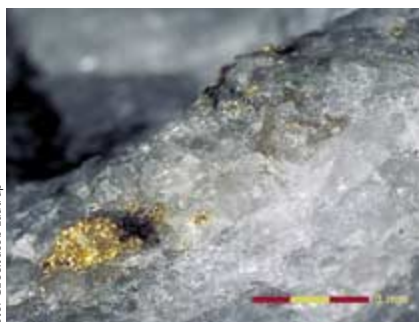


Foto: GEUS/Jacob Laurrup

Guldkorn i malmen fra Itillersuaq/ Kirkespirdalen i Sydgrønland.

Efterforskning af zink og bly ved Citronen Fjord, Nordgrønland

I 1993 gjorde mineselskabet Platinova A/S det første store fund af bly og zink ved Citronen Fjord. De fandt forekomsten i lerskifre med et fint fordelt indhold af zinkblende og blyglans i flere parallelle lag i et 30 km² stort område. Forekomsten har nogen lighed med bly-zinkforekomster i tilsvarende geologiske miljøer i Alaska, hvor der for længst er startet minedrift. Platinova A/S har haft koncession i området siden 1993, og fra 1993-1998 har selskabet udført næsten 34 km diamantboringer fordelt på 143 borehuller. På baggrund af resultaterne fra boringerne regner selskabet med, at der er mere end 20 mio. tons malm med et indhold på 7% zink og 1% bly. Til sammenligning indholdt bly-zinkforekomsten i Maarmorilik 13,6 mio. tons malm med et indhold på 12% zink og 4% bly. Forekomsten ved Citronen Fjord er altså ret stor, men den ligger i en vanskelig tilgængelig del af det allernordligste Grønland. Selskabet vurderer dog, at en mine i Citronen Fjord kan betjenes af isbrydende skibe, som kan bringe forsyninger ind og metalkoncentrat ud i løbet af de 2-3 måneder om sommeren, hvor der er mindst is.

Et af de største miljøproblemer ved minedrift i området vil være at få placeret tailings og gråbjerg, så tungmetaller fra affaldet ikke bliver spredt ud til større land- og fjordområder. Miljøproblemet er endnu ikke nærmere vurderet, men DMU har lavet baggrundsundersøgelser i området. DMU har bl.a. indsamlet en række prøver på land, i ferskvand og i havet, så det er muligt at dokumentere, hvor stor den naturlige belastning med metaller oprindeligt har været. En sådan viden er vigtig, hvis der bliver startet egentlig minedrift. Undersøgelserne har bl.a. vist, at Citronen Fjord gennem naturlige processer får tilført mere metal end områder, hvor der ikke er en malmforekomst (se næste side).



Foto: DMU/Christian M. Glahder

En borerig bliver flyttet i Citronen Fjord i Nordgrønland. Boreriggen bliver brugt til at udtage de borekerner, mineselskabet bruger til at vurdere forekomsten af bly og zink i området.

Eksempel på zinkforekomst i Citronen Fjord, Nordgrønland

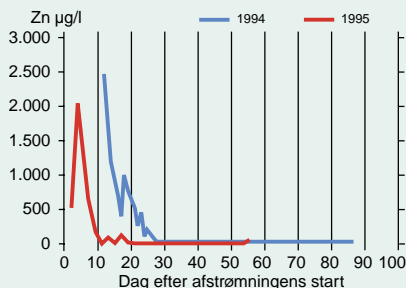
Zinkforekomsten ved Citronen Fjord i Peary Land ligger for det meste under jordoverfladen, men enkelte steder er det muligt at se den zink- og jernholdige malm på overfladen i form af oxideret (iltet) malm. Disse områder, såkaldte "gossans", er et resultat af oxidation, svovlsyredannelse og metalopløsning, delvist som følge af bakteriell nedbrydning. Om foråret bliver syre og opløste metaller skyllet ud i "Østlige Elv", som DMU har undersøgt i forbindelse med baggrundsundersøgelserne i området.

Figuren viser koncentrationen af zink i elven gennem den periode, hvor der er vand i elven. Først omkring slutningen af juni er det varmt nok til, at der er vand i elven. Figuren viser koncentrationen af zink, men bly, kobber og cadmium følges med zink.



Foto: DMU/Christian M. Glahder

Gossans i Citronen Fjord i Nordgrønland. Gossans bliver dannet af svovlbakterier, der under iltning omdanner jern og svovl til okker og svovlsyre. Gossan klippen i forgrunden er ca. 50 m høj.



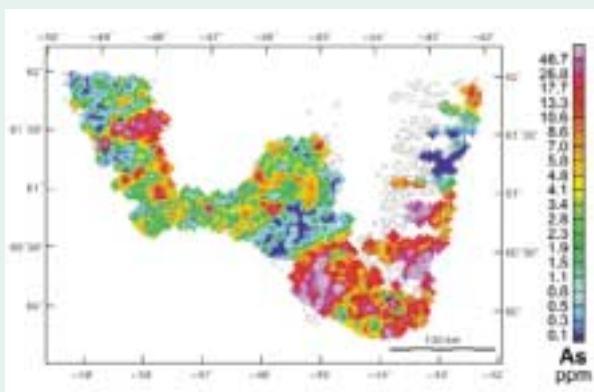
I de første tre uger, hvor der var vand i elven, målte DMU koncentrationer på ca. 2.000 µg/l. Derefter faldt koncentrationen af zink til omkring 3 µg/l. De høje koncentrationer skyldes, at smeltevand bringer svovlsyre og opløst zink med sig fra sulfidoxiderede metaller i "gossans". Senere tørrer gossans ud, og hovedparten af vandet i elven stammer derefter fra højereliggende, sulfidfrie sneområder. Der er altså en betydelig "naturlig forurening" ved Citronen Fjord. Til sammenligning har DMU målt en koncentration på omkring 1 µg/l zink i uforurenet havvand ved Grønland, og koncentrationer på op til omkring 1.000 µg zink/l i forurenet havvand ved Maarmorilik. Ek-

semplet fra Citronen Fjord illustrerer også, at det er vigtigt at indsamle prøverne "rigtigt". Hvis DMU blot havde indsamlet nogle få prøver om sommeren efter sneen var smeltet, var det ikke blevet afsløret, at området helt naturligt får tilført betydeligt mere zink end områder uden mineraliseringer. De tangplanter, DMU havde indsamlet i fjorden nær elvens udløb, indeholdt dog relativt høje zinkkoncentrationer, og DMU fik på den måde et fingerpeg om, at elven tilførte høje metalkoncentrationer til fjorden.

Naturligt forhøjede værdier af grundstoffer

Forhøjede værdier af bestemte grundstoffer som f.eks. zink og bly i Citronen Fjord kan også findes i andre områder af Grønland, fordi de findes naturligt i undergrunden. Geologerne er på udkig efter sådanne områder, fordi de kan indeholde mineralforekomster af økonomisk interesse. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) har for eksempel undersøgt indholdet af arsen i sediment fra elve i Sydgrønland for at lokalisere mulige guldforekomster, idet guld og arsen følges ad. Som det fremgår af kortet, er der tydelige forskelle på indholdet af arsen i de forskellige områder i Sydgrønland. Alle kendte guldforekomster i Sydgrønland er fundet i områder med højt arsenindhold (kortets røde og lilla felter). Det er derfor sandsynligt, at nye guldforekomster skal findes i disse områder.

Kortet er lavet på baggrund af analyser af sandprøver, der er indsamlet systematisk i elve og vandløb.



Kort: GEUS/A. Steenfelt

Diamanter i det centrale Vestgrønland

Siden 1995 har der været diamanteftersøgning i gang flere steder i Vestgrønland. Eftersøgningerne er stærkt inspireret af tilsvarende aktiviteter i arktisk Canada, hvor der nu er åbnet en mine. Diamanter findes i en særlig type vulkansk bjergart, kimberlit (efter det oprindelige findested i Sydafrika). I Grønland har mineselskaberne indtil nu kun fundet kimberlit som tynde, sjældent over 1 m brede, sprækkefyldninger (gange) i grundfjeldet. I Canada findes kimberlit desuden som lodrette rør ("pipes"), og selskaberne leder efter tilsvarende forekomster i Grønland.

Efterforskningen er opdelt i flere faser. Først bliver store områder undersøgt for tilstedeværelse af bl.a. kimberlit, som er en forudsætning for, at der kan være diamanter i området. Dernæst gennemfører selskaberne eventuelt geofysiske undersøgelser fra fly eller på isdækkede søer, og i nogle tilfælde laver de efterforskningsboringer i områder med geofysiske anomalier. Næste trin omfatter indsamling af store prøver (typisk nogle hundrede kg), som bliver undersøgt for diamanter. Endelig bryder selskabet flere tusinde tons af en forekomst for at undersøge, om mængden og kvaliteten af diamanter er tilstrækkelig til at starte en rentabel minedrift.

De seneste år har aktiviteterne i Grønland været koncentreret i to områder: Syd for Kangerlussuaq (Søndre Strømfjord) og øst for Maniitsoq (Sukkertoppen). I 1999 fandt 2 canadiske selskaber næsten 500 mikrodiamanter og 5 makrodiamanter i en prøve på ½ tons malm fra Kangerlussuaq. Ved Maniitsoq er der fundet enkelte mikro- og makrodiamanter i en kimberlitgang. Selvom selskaberne har gjort lovende fund i Grønland, skal de gennemføre yderligere efterforskning i løbet af de næste år, før det viser sig, om der er grundlag for at starte en diamantmine i Grønland.

Mikrodiamanter fra elvgrus i nærheden af Kangerlussuaq, Vestgrønland. Den største diamant er 0,1 mm i diameter.



Foto: GEUS



Foto: DMU/Christian M. Glaheder

Efterforskning ved Skærgården i Kangerlussuaq i Østgrønland. Her bliver udtaget en borekerne.



Foto: GEUS

Borekerner som disse bliver undersøgt nærmere for indhold af mineraler.

Det største miljøproblem ved diamantminedrift er de meget store mængder af stenaffald, der bliver produceret ved udvindingen. Lødheden er ekstremt lille i diamantforekomster sammenlignet med andre former for malm. Inden for branchen bliver 6 gram diamant pr. 100 tons malm regnet for en høj lødhed. Det betyder, at en diamantmine "producerer" mindst lige så store mængder tailings som den mængde malm, der bliver brudt. Hertil kommer, at det også er nødvendigt at bryde gråbjerg. For at illustrere mængderne kan vi se på en diamantmine, der åbnede ved Lac de Gras nord for Yellowknife i 1998. Selskabet forventer, at minedriften vil strække sig over 25 år. Til den tid vil selskabet have brudt 133 mio. tons malm og 826 mio. tons gråbjerg. Til sammenligning blev der brudt 11 mio. tons malm og 4 mio. tons gråbjerg i løbet af 17 år i bly-zinkminen i Maarmorilik, som er den største mine Grønland har haft (minen er lukket).

Gråbjerg fra en diamantmine vil ikke skabe tilsvarende problemer som tailings fra oparbejdningen. Gråbjergget bliver ikke knust som malmen, og det kan derfor normalt placeres i f.eks. en dalbund eller på en bjergskråning nær minen.

Diamanter er tungere end de fleste af de mineraler, der findes sammen med. Det er derfor muligt at udvinde diamanterne fra malmen ved fysiske processer, der udnytter vægtforskellen. Malmen bliver knust og vasket, hvorefter diamanter og andre tunge mineraler bliver udvundet ved tyngdeseperation. Herefter bliver diamanterne isoleret ved andre fysiske processer. Det er for eksempel muligt at sortere diamanterne fra ved hjælp af røntgenstråler, eller de kan opfanges i et lag fedtstof. Selvom udvindingen kræver derfor ikke brug af kemikalier, som kan medføre miljøgener. De mineraler, der findes sammen med diamanterne, kan dog muligvis afgive tungmetaller eller andre stoffer, som kan påvirke omgivelserne.

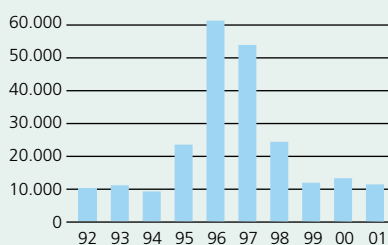
Som nævnt er de store mængder af tailings det største miljøproblem ved en diamantmine. Når malmen bliver knust, bliver der produceret finkornet materiale. Efter udvindingen af diamanterne ender dette finkornede materiale som tailings, og det kan skabe fysiske gener for dyre- og planteliv, hvis det bliver udledt til elve, søer eller havet eller spredes som støv. I Lac de Gras projektet imødegår mineselskabet dette problem ved at lede det overskydende vand fra tailings gennem flere damme, før det bliver udledt i søer og elve. Herved får de fine tailingspartikler tid til at bundfælde sig i dammene, og de fysiske gener på miljøet bliver forhindret.



Foto: DMU/Poul Johansen

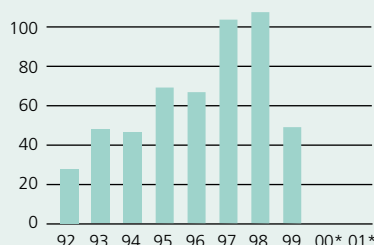
Tailings ved en niobmine i Canada. Tailings er det fine sand i forgrunden af billedet. I baggrunden ses tårnet over mineskakten.

Antallet af km², der er omfattet af efterforskningsstilladelser, varierer fra år til år. 1996-1997 var der særlig stor aktivitet. Årsagen hertil var netop den

Antal km² omfattet af efterforskningsstilladelser

nævnte store interesse for diamant-eftersøgning (fra Råstofdirektoratets årsberetning 2000).

Udgifter til efterforskning mill. DKK



*Udgifterne for 2000 og 2001 er endnu ikke opgjort.

Mere efterforskning

Andre efterforskningsprojekter har i varierende grad resulteret i, at der er udført miljøundersøgelser, især af DMU. Det har især drejet sig om projekter, som på et tidspunkt var langt fremme i forberedelserne til en mulig udnyttelse, men som blev afbrudt, inden minedriften blev sat i gang. Som eksempler kan nævnes zirkoniumforekomsten ved Kangerluarsuk i Sydgrønland, uranforekomsten ved Kvanefeld nær Narsaq, niobiumforekomsten i Sarfartoq ved Maniitsoq samt guld-, platin- og palladiumforekomsten ved Kangerlussuaq (Skærgaarden) i Østgrønland.



Foto: DMU/Peter Aastrup

Baggrundsundersøgelser i Paradisdalen ved Sarfartoq i Vestgrønland.

Miljøundersøgelser ved mineralforekomster

DMU gennemfører miljøundersøgelser i forbindelse med de enkelte mineprojekter, og institutionen har bl.a. overvåget forureningen omkring de nu nedlagte miner. Kortet viser de steder, hvor DMU har indsamlet prøver til vurdering af baggrunds-niveauer. Prøverne er både indsamlet i de områder, hvor der har været minedrift, men også i områder, hvor efterforskningen efter nye mineralforekomster har været så langt fremme i processen, at selskaberne har overvejet en nærmere undersøgelse af, om minedrift vil være økonomisk rentabel.

DMU råder nu over en "miljøprøvebank" fra mange områder i Grønland. Miljøprøvebanken indeholder prøver der er tørrede, frysetørrede eller lagt i sprit og formalin, samt prøver der opbevares i fryser ved -21°C . Der er tale om prøver fra områderne ved de tre tidligere miner i Ivittuut, Mestersvig og Maarmorilik, samt fra flere steder, der endnu ikke har været berørt af minedrift: Kirkespirdalen i Sydgrønland (guld), Citronen Fjord i Nordgrønland (zink og bly), Kangerluarsuk ved Narsaq (zirkonium), Sarfartoq i Vestgrønland (niobium), Kangerlussuaq i Østgrønland, (guld, platin og palladium) samt fra Kvanefjeld i Sydgrønland (uran og thorium).

DMUs ekspertise på råstofområdet i Grønland er samlet i Afdelingen for Arktisk Miljø, der som institution historisk kan føres tilbage til starten af 1970'erne. På den tid var arbejdsopgaverne knyttet til mulige forureningsproblemer fra minen i Maarmorilik samt olieefterforskning til havs ved Vestgrønland. Siden gav olieefterforskning i Jameson Land i Østgrønland og vandkraftundersøgelser i Vestgrønland stødet til yderligere opbygning af ekspertise på miljøområdet.



Områder, hvor DMU har udført miljøundersøgelser i forbindelse med minedrift eller mineralefterforskning.

Senest har olieeftersøgningen i havet ud for Vestgrønland været årsag til, at nye miljøprojekter er sat i gang.

DMU har også kortlagt miljøfremmede stoffer på steder, som ikke hidtil er berørt af råstofeftersøgning. Denne kortlægning er udført som et led i det særlige miljøbeskyttelsesprogram AMAP – Arctic Monitoring and Assessment Programme.



Foto: DMU/Flemming Ravn Hansen

Prøvebank i kælderen på DMU. Prøvebanken indholder bl.a. de prøver af dyr, planter og sediment, som DMU har indsamlet i uberørte områder rundt omkring i Grønland. Prøvebanken indeholder således værdifuld viden om, hvordan det naturlige miljø er.

DMU indsamler prøver for at få viden om miljøtilstanden i området. Her indsamles prøver af tang og blåmuslinger ved Maarmorilik.



Foto: Kim Theilander

Miljøpåvirkninger fra minedrift



Foto: Oluf Ostermann

Isbryderen "Sigyn" i Uummannaqfjorden foråret 1975. Skibet blev stoppet af fangerne, indtil mineselskabet og fangerne var blevet enige om en sejlroute, der ikke generede fangernes muligheder for fangst.

Oversigt

Påvirkningerne af omgivelserne fra et mineprojekt kan opdeles i to kategorier:

- Effekter af forurenende stoffer
- Forstyrrelser af plante- og dyreliv

Når der bliver etableret en mine vil det påvirke landskabet, om ikke på anden måde så i hvert fald synligt. Mineselskabet skal bygge anlæg, boliger, veje, havn, landingsbane o.l. for at kunne drive minen. De fysiske miljøpåvirkninger fra minedriften, er dog ikke anderledes end påvirkningerne ved byer, veje og lufthavne andre steder i Grønland. Det specielle ved minedrift er, at aktiviteten ofte foregår i områder, som i forvejen er meget lidt eller slet ikke påvirket af mennesker. Derved kan minedriften påvirke områder, der er særlig vigtige for dyrelivet som for eksempel kælvningsområder for rensdyr (se afsnittet side 44). Anlæggelse og drift af en mine i Grønland vil i de fleste tilfælde ikke udgøre nogen særlig trussel mod plante- og dyrelivet, da de særligt vigtige områder kun udgør en lille del af hele det isfrie område.

Der kan også være konflikter mellem mineselskabernes og fangernes interesser i et område, som det var tilfældet ved bly-zinkminen i Maarmorilik. Om vinteren kan skibene ikke sejle ind til Maarmorilik, fordi der er dravis i Baffin Bugt og fastis i Uummannaq fjorden. Derfor måtte mineselskabet oplagre bly- og zinkkoncentraterne ved minen, indtil det kunne udskibes det følgende forår. Foråret 1975 fik mineselskabet en isbryder til at bryde en rende i fjordisen for at få et malmskib tidligt ind til Maarmorilik og hente koncentraterne. Det skete samtidig med, at der var fangere på fangst på fjordisen. Fangerne stillede sig på isen foran isbryderen og standsede den, indtil der blev aftalt en rute, som var mindre generende for fangerne. Siden den episode aftalte mineselskabet og fangerne faste regler for sejlads.

Forurening fra minedrift

Mineaffald kan frigive metaller, som senere kan optages i dyr og planter. I det følgende er der eksempler på sådanne miljøpåvirkninger fra grønlandske mineprojekter. Desuden bliver kilder til og spredningsveje for de forurenende stoffer beskrevet. Vi fortæller også, hvordan mineselskaberne kan begrænse eller helt undgå forurening fra minedrift.

Kryolitminen i Ivittuut

Minen i Ivittuut ligger i den sydlige del af Vestgrønland omtrent midtvejs mellem byerne Qaortoq (Julianehåb) og Paamiut (Frederikshåb). Den nærmeste bebyggelse er flådestation Grønnedal, der ligger ca. 5 km nordøst for Ivittuut. Flådestationen har ca. 200 indbyggere, som hovedsagelig er dansk flådepersonale. Den nærmeste grønlandske bygd er Arsuk ca. 15 km vest for Ivittuut. Bygden har ca. 250 indbyggere, der har fiskeri og fangst som vigtigste beskæftigelse og som også anvender Arsuk Fjord tæt ved kryolitminen.

Kryolitminen var den første større mine i Grønland. Den åbnede i 1854 og blev drevet af det, der endte med at være Kryolitselskabet Øresund A/S. Selskabet brød kryolitten i et åbent brud meget nær ved kysten af Arsuk Fjord. Malmforekomsten havde form som en prop med en diameter på ca. 150 m og en højde på ca. 70 m. Hovedparten af malmen er brudt, i alt 3,7 millioner tons, med et gennemsnitligt kryolitindhold på 58%.

Kryolit er et industrimineral, der består af natrium, aluminium og fluor, og i slutningen af 1800-tallet blev kryolit brugt til fremstilling af soda. Langt den største del af kryolitten blev imidlertid brugt til fremstilling af aluminium, da den fremmer processen med at udvinde aluminium fra malmen. Det var særligt i årene efter Første Verdenskrig, da produktion af alumi-



Foto: Jørgen Svendsen

Bruddet i den åbne mine ved Ivittuut er efterhånden blevet fyldt op af havvand.



Kryolit blev bl.a. anvendt til bekæmpelse af skadedyr. Denne tekst var at finde på poser med cryocidpulver, der var i handelen i 1950.





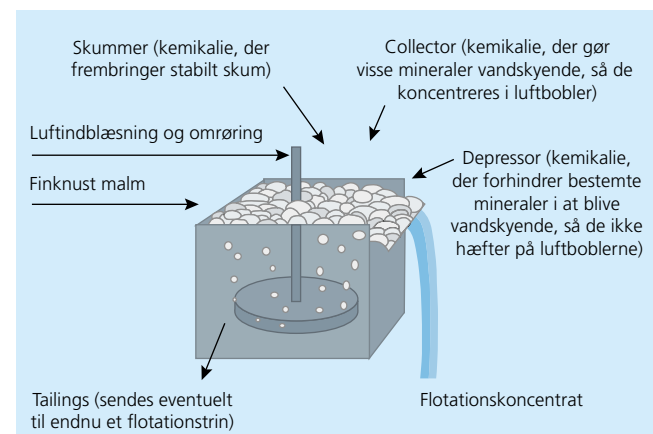
nium til flyfremstilling tog fart. I dag bliver der næsten udelukkende anvendt kunstigt fremstillet kryolite i denne proces.

I de første mange år anvendte selskabet kun de bedste kryolitekvaliteter. I praksis betød det, at malmen skulle indeholde over 70% kryolite. Malm med et lavere indhold af kryolite kunne ikke sælges til en acceptabel pris, og det blev derfor brugt som fyld ved bygning af moler, kaj anlæg og veje. I en årrække blev der desuden brudt mere malm, end der umiddelbart blev solgt, og selskabet opbyggede derfor et lokalt lager af brudt kryolite. I 1962 opgav Kryolitselskabet at bryde mere malm, og den åbne mine blev efterhånden fyldt op af havvand, men der blev fortsat udskibet kryolite fra lagrene.

Efterhånden blev de metoder, der blev anvendt til at rense malmen med forbedret, så malm med et kryoliteindhold ned til 40% kunne bruges. Det blev derved rentabelt at anvende de gamle kryoliteholdige fyldmaterialer, og kajområder og veje blev gravet op, og den mere lavlødige kryolite blev sorteret fra til udskibning. Denne form for udnyttelse fortsatte frem til 1987.

I selve Ivittuut blev malmen sprængt, brudt, knust og sorteret gennem mekaniske processer. Den egentlige oparbejdning af malmen skete på et anlæg hos Kryolitselskabet Øresund i København. Her blev malmen adskilt i sine mineralbestanddele ved hjælp af tyngdeseparation og flotation. Kryolite var den mest værdifulde bestanddel i malmen. Andre mineraler blev også rensede fra og solgt. Der var især tale om kobber- og blymineraler samt jernspat, der blev anvendt til glasfarvning.

Flotationscelle bliver brugt til at lave et koncentrat af de værdifulde mineraler i malmen. Knust malm og vand bliver blandet i tanken. Der bliver blæst luft ind i tanken gennem en kraftig omrører. Der bliver tilsat en "skummer", og der dannes skum øverst i tanken. Der bliver tilsat en collector og/eller depressor, som virker på de mineraler, malmen indeholder. De mineraler, der bliver hydrofobe, hæfter sig på luftboblerne, og bliver efterhånden skummet af. De mineraler, der bliver hydrofile, bliver i vandet og bliver til sidst pumpet ud som tailings.

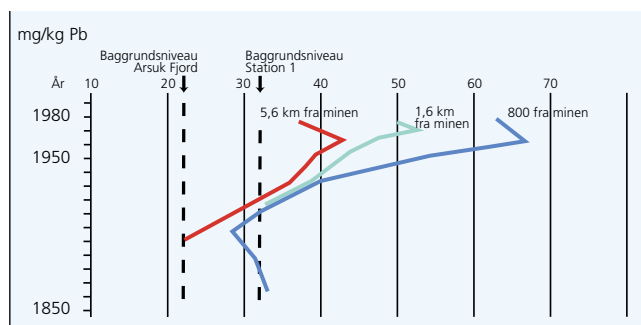


Miljøpåvirkninger

Kryolit udgør i sig selv ikke noget miljøproblem, men kryolitmalmen indeholder små mængder af andre mineraler, som afgiver bly og zink til omgivelserne. I 1982 gennemførte DMU de første miljøundersøgelser ved kryolitbruddet i Ivittuut. De viste, at en større kyststrækning af Arsuk Fjord var forurenet med bly og zink. Yderligere undersøgelser viste, at det gråbjerg, som var blevet brugt til kajanlægget i Ivittuut, var den vigtigste forureningskilde.

Kajanlægget består stadigvæk af gråbjerg, som har et lavt indhold af kryolit, men som også indeholder rester af bly- og zinkmineraler. Det har vist sig, at bly og zink bliver opløst i tidevandet, som to gange i døgnet stiger op i fyldmaterialet langs kysten. Når tidevandet igen falder, fører det opløst bly og zink ud i fjorden. DMU vurderer, at fjorden på den måde årligt får tilført mellem 400 og 1.000 kg bly og en tilsvarende mængde zink.

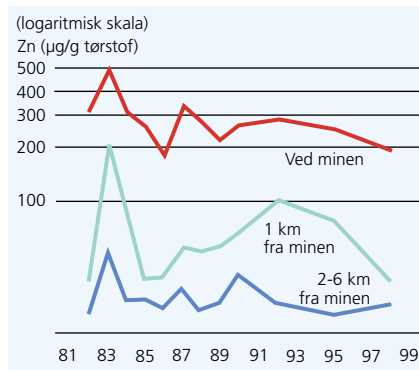
DMUs undersøgelser i området har vist, at fisk og rejer fra Arsuk Fjord indeholder stort set samme mængder af bly og zink som i ikke-forurenede områder i Grønland. Derimod har blæretang og blåmuslinger et forhøjet indhold af metaller. For at vurdere forureningens omfang analyserer DMU med års mellemrum indholdet af zink og bly i tang og blåmuslinger fra mange lokaliteter langs kysten i Arsuk Fjord. Det viser sig, at indholdet af bly og zink i tangplanterne gradvist falder. Det skyldes formentlig, at den mængde metal, der bliver ført ud i fjorden pr. tidsenhed, langsomt falder, efterhånden som tidevandet fjerner metal fra det opfyldte og forurenede område. Der vil dog fortsat i mange år blive udvasket bly og zink til fjorden.



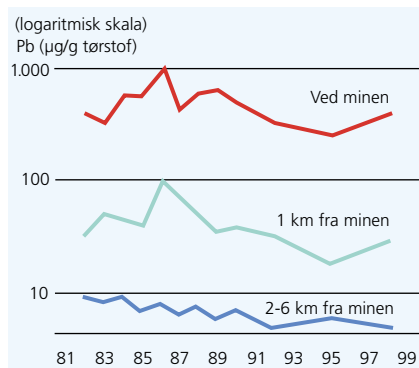
Koncentrationen af bly i sediment indsamlet i forskellig afstand fra kryolitminen i Ivittuut.

Alderen på sedimentet er kendt.

Koncentrationen af zink i tang indsamlet i perioden 1982-1998. Prøverne er indsamlet tæt ved minen, 1 km fra minen og 2-6 km fra minen.



Koncentrationen af bly i blåmuslinger indsamlet i perioden 1982-1998. Prøverne er indsamlet tæt ved minen, 1 km fra minen og 2-6 km fra minen.



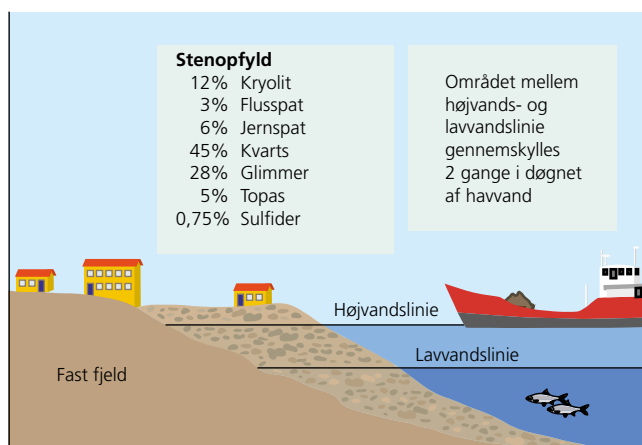
Områder med høje koncentrationer af bly målt i blåmuslinger. Koncentrationerne af bly i blåmuslingerne er så høje, at lokalbefolkningen er blevet frarådet at spise blåmuslinger fra dette område.



På en del af kyststrækningen omkring selve Ivittuut er indholdet af bly i blåmuslinger så højt, at befolkningen er blevet frarådet at spise muslinger fra dette område.

Det har været muligt for DMU at rekonstruere fjordens forureningstilstand helt tilbage til tiden omkring minens start i 1854 ved at analysere prøver fra havbunden. En søjle af sediment er blevet hentet op og skåret i 1 cm tykke skiver. Herefter

er hver enkelt skive blevet analyseret for indholdet af bly og alderen på sedimentet er bestemt. På den måde har det været muligt at bestemme blykoncentrationen i sedimentet i forhold til det tidspunkt, hvor sedimentet er aflejret på havbunden. Det viser sig, at indholdet af bly først begyndte at stige i slutningen af 1930'erne. Indholdet fortsatte med at stige frem til omkring 1970, hvorefter det igen falder.



Skitse af kajen i Ivittuut, der er bygget af frasorteret malm fra mere end 100 års minedrift.

Bly-zinkminen ved Mestersvig

Aktieselskabet Nordisk Mineselskab har brudt og oparbejdet bly-zinkmalmen ved Mestersvig over en ret kort periode - fra 1956 til 1963. Mestersvig ligger ved Kong Oscars Fjord i Østgrønland, langt fra permanent beboede steder. Den nærmeste by er Illoqqortoormiut (Scoresbysund), der ligger omkring 200 km sydøst for Mestersvig. Byen har ca. 500 indbyggere, der bl.a. ernærer sig ved fangst af især sæler, hvaler, isbjørne og moskusokser.

Der er et omfattende system af kvartarsårer med bly-zinkmalm i området ved Mestersvig, og det er kun en enkelt åre ved Blyklippen ca. 10 km fra kysten, der er blev brudt. Malmen blev brudt i tre underjordiske niveauer i op til 150 m under terrænet. Næsten alt den tilgængelige malm, i alt 545.000 tons, blev fjernet og oparbejdet på stedet, og der blev udvundet 58.000 tons blykoncentrat og 75.000 tons zinkkoncentrat. Det gennemsnitlige metalindhold i malmen var på 9% bly og 10% zink.

I 1952 tog den danske stat initiativ til dannelsen af Nordisk Mineselskab A/S. Selskabet gik straks i gang med at etablere infrastrukturen i området. Der blev anlagt en mineby, som i en årrække blev den daglige ramme for op til 150 personer i højsæsonen om sommeren. Der blev også anlagt veje og en landingsbane for større fly, så det var muligt at opretholde en passende kontakt med omverdenen. Selv efter at minen var lukket beholdt landingsbanen sin betydning, og mange år frem var Mestersvig centrum for en omfattende mineralefterforskning i det centrale Østgrønland. I 1956 blev de første bly- og zinkkoncentrater fra Mestersvig udskibet til Europa. Kombinationen af en meget lille malmreserve og stærkt faldende priser på bly og zink var væsentlige årsager til, at minen fik en forholdsvis kort levetid.



Foto: GEIUS

Tipvogne ved bly-zinkminen i Mestersvig fotografert i 1958.



Kort over området ved Mestersvig.
Udsnit er vist på kortet nedenfor.



Området ved bly-zinkminen i Mestersvig i Østgrønland.



Foto: DMU/Gert Asmund

**Tunnelelv ved bly-zinkminen i Mestersvig samt deltaet foran elven.
Til højre ses vejen op til minen.**

Malmen blev oparbejdet i et flotationsanlæg, der var anlagt inde i bjerget. Affaldet (tailings) fra flotationsanlægget blev udledt på en bjergskrånning umiddelbart ved minen, og det meste gled videre ned i Tunnelelv, som løber ud i Kong Oscars Fjord. Omkring 1980 var der kun ca. 15% af den oprindelige mængde tailings tilbage ved minen. Resten var skyllet ud i Tunnelelv, i elvens deltaområder og i fjorden (se kortet).

Miljøundersøgelser

DMU gennemførte de første miljøundersøgelser ved Mestersvig i 1979. Som forventet viste resultaterne, at der var meget høje bly- og zinkkoncentrationer i vand og sediment fra Tunnelelv. Sedimentet indeholdt op til 13% zink og 0,7% bly og vandet op til 150 µg/l opløst zink og 12 µg/l opløst bly.

Undersøgelserne viste også, at fjorden var tydeligt påvirket af forurening fra minedriften. DMU fandt forhøjede værdier af bly og zink i tangprøver indsamlet langs en større strækning af kysten i Kong Oscars Fjord. Undersøgelserne pegede også på, at kilderne til forureningen hovedsagelig fandtes i tre områder: I havneområdet ved Nyhavn, i Tunnelelvs delta mod Noret og i deltaet nordøst for Nyhavn.

Forureningen ved Tunnelelvs udløb stammer fra affaldet fra oparbejdningen, mens forureningen ved havneområdet stammer fra spild af koncentrat. Mens minen var i drift, blev koncentratene transporteret i sække fra oparbejdningsanlægget ad en vej til havneområdet (Nyhavn). Her blev sækkene omlastet til pramme, som blev trukket ud til et skib, der var opankret nogle få hundrede meter fra kysten. Sækkene blev derefter tømt ud i skibets lastrum. Ved hele denne omlastningsproces blev der spildt betydelige mængder koncentrat på havneområdet og i fjorden. Der er eksempler på, at hele sække med 4 tons koncentrat og hele pramladninger med 30 tons koncentrat faldt i fjorden. Flere steder på kajområdet er overfladen helt sort på grund af spildt blykoncentrat.

Forholdene i Mestersvig var primitive. I starten skulle alt nødvendigt – materialer, maskiner, udstyr, fødevarer m.m. - fragtes til Mestersvig med skib og losses på stranden. Billedet her er fra 1953.



Foto: Polifoto

Efter de første miljøundersøgelser i 1979 fortsatte DMU overvågningen af forureningen i området. Forureningen er faldet gennem hele overvågningsperioden, bort set fra i 1991. På det tidspunkt styrtede den stærkt blyforurenede kaj i Nyhavn delvist sammen, så det spildte blykoncentrat fra kajområdet blev ledt ud i fjorden.

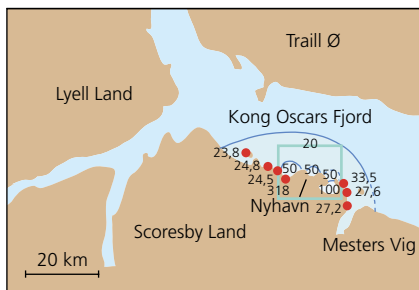
DMU har også fundet forhøjede blykoncentrationer i muslinger og ulke, mens ringsæler ikke havde højere metalværdier end sæler fra andre områder i Grønland. Løbende undersøgelser af indholdet af bly i ulke er også indgået i overvågningen af området, og de viser den samme udvikling over tid som tangplanterne, nemlig et fald i koncentrationen af bly.

Denne udvikling vil sandsynligvis fortsætte, men hvis kajområdet styrter yderligere sammen, og dens indhold af blykoncentrat bliver ført ud i fjorden, vil belastningen af organismene i området sandsynligvis stige midlertidigt, sådan som det var tilfældet i 1991.

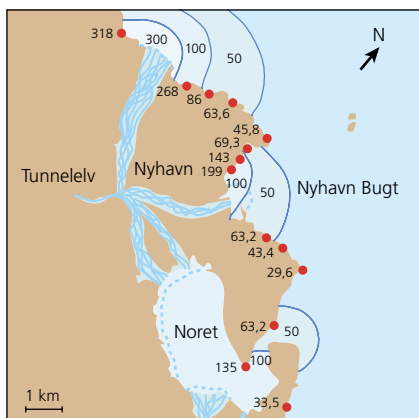
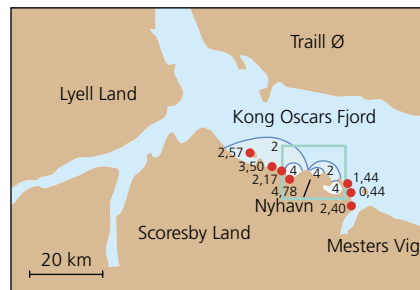
Udskibning af koncentrat fra Nyhavn i Mestersvig i 1956. Isforstærkede DAN-skibe fra Lauritzen koncernen stod for udskibningen i de 7 år, minen var i drift.



Foto: GEUS



Kortene viser koncentrationen af zink i tang (mg/kg) indsamlet forskellige steder i Kong Oscars Fjord. Området i rammen er vist nederst.



Koncentrationen af bly i tang (mg/kg) indsamlet forskellige steder i Kong Oscars Fjord. Området i rammen er vist nederst.

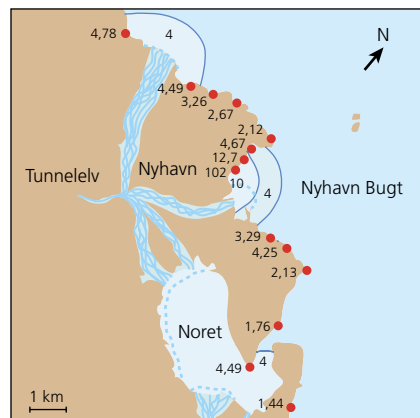




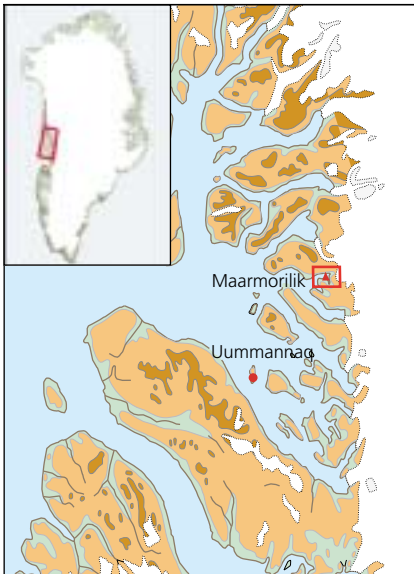
Foto: DMUPoul Johansen

”Den Sorte Engel” ses som et mørkegråt parti yderst til højre i billedet et stykke oppe på fjeldsiden.



Foto: DMUPoul Johansen

Minebyen ved Maarmorilik som den så ud fra mineindgangen 600 meter over havets overflade.



Kort over området ved Maarmorilik. Udsnit vist på kortet til højre.

Kort over selve mineområdet i bunden af fjorden Qaamarujuk.

Zink-blyminen i Maarmorilik

Minen var i drift fra efteråret 1973 til sommeren 1990. Den blev drevet af aktieselskabet Greenex, der indtil 1986 var canadisk ejet og derefter blev overtaget af det svenske selskab Boliden. Den nærmeste grønlandske bygd Ukkussissat ligger ca. 25 km vest for minen og har ca. 200 indbyggere, som hovedsagelig lever af fiskeri og fangst. Byen Uummannaq med ca. 1.400 indbyggere ligger ca. 60 km fra minen.

Minen blev anlagt i et fjeldområde domineret af marmor med op til 20 m tykke malmlag rige på zinkblende og sølvholdig blyglans. Der blev i alt brudt 11,3 mio. tons malm. Det gennemsnitlige indhold af metaller var på 12% zink, 4% bly og 29 mg/kg sølv, der alle blev koncentreret på stedet inden udskibning. Malmen blev brudt inde i fjeldet i ca. 600 meters højde. På fjeldvæggen er der en mørkfarvet struktur, hvis udseende gav anledning til, at minen og fjeldet fik navnet ”Den Sorte Engel”.

Malmen i ”Den Sorte Engel” blev sprængt løs, grovknust og derefter transporteret med en tovbane til oparbejdningsanlægget, som lå ved kysten, hvor fjorden Affarlikassaa munder ud i den større fjord Qaamarujuk. Her blev malmen yderligere knust, og indholdet af zink, bly og sølv blev herefter udvundet ved en flertrins flotationsproces i oparbejdningsanlægget. Der blev produceret et zinkkoncentrat og et blykoncentrat, som blev udskibet til smelteværker i Europa. I de 17 år minen eksisterede, blev der i gennemsnit oparbejdet 665.000 tons malm om året. Der blev udskibet 137.000 tons zinkkoncentrat (med 57% zink) og 35.000 tons blykoncentrat (med 70% bly og 29 mg/kg sølv).



I forbindelse med brydningen af malmen var det også nødvendigt at bryde såkaldt gråbjerg, d.v.s. stenmateriale med et så lavt indhold af bly og zink, at det ikke var rentabelt at udvinde metallerne. Gråbjerget blev opbevaret i selve minen. Noget af det blev dog også tippet direkte ud på bjergskråningerne til de såkaldte gråbjergsdumpe. Indholdet af bly og zink var så højt i de fleste gråbjergsdumpe, at det forurenede omgivelserne.

Tailings fra oparbejdningsprocessen lignede fint sand, der var sort på grund af et højt indhold af svovlkis, men det indeholdt også bly og zink, som ikke var blevet udvundet af malmen. Tailings blev pumpet ud i Affarlikassaa, hvor det lagde sig på 50-70 meters dybde i fjordens dybeste dele. Det var planlagt og godkendt at deponere tailings fra produktionen på denne måde.

Bly-zinkminen i Maarmorilik var det første grønlandske mineprojekt, hvor der blev foretaget en vurdering af de mulige miljømæssige konsekvenser, før projektet blev sat i værk. Det skete i 1973. På baggrund af undersøgelsen forsøgte selskabet at tilrettelægge produktionen, så generne for miljøet blev begrænset til et område inden for nogle få km fra minen.

Det var derfor en stor overraskelse, da de første miljøundersøgelser ca. 4 måneder efter produktionens start viste, at der var sket en omfattende zink- og blyforurening af fjordene ved Maarmorilik. Forureningen fra minedriften var et emne, der blev arbejdet med i hele driftsperioden, samt under og efter minen blev lukket i 1990. Det lykkedes ved forskellige indgreb i produktionen at mindske forureningen væsentligt, hvilket er nærmere beskrevet side 40.

Forurenende stoffer

De mest betydningsfulde forurenende stoffer var bly og zink. Der blev også fundet andre metaller fra malm og affaldsprodukter i havvand og sedimenter, men disse metaller blev ikke eller kun i begrænset omfang optaget af marine organismer. Mineselskabet målte løbende sammensætningen af malm, koncenterter og tailings for at styre produktionen, og resultaterne af disse målinger blev også brugt som grundlag for at vurdere belastningen af miljøet.

Miljøundersøgelser viste, at minevirksomheden havde fire større forureningskilder: tailings, gråbjerg, støv fra knusningen af malmen og støv fra lastningen af koncentrat. I en kort periode var vand fra minen også en vigtig kilde til forurening. Kilderne til og spredningen af metal fra dem er nærmere belyst i det følgende.

Tailings

Tailings tilførte langt den største mængde af metal til miljøet. Der blev årligt udledt omkring ½ mio. tons affald i fjorden Affarlikassaa. Affaldet bestod hovedsageligt af marmor og svovlkis, men det indeholdt også bly, zink og andre metaller. Materialet havde et betydeligt højere indhold af metaller end sedimentet i fjorden, som oprindeligt indeholdt ca. 200 mg/kg zink, ca. 25 mg/kg bly, ca. 40 mg/kg kobber og ca. 1,5 mg/kg cadmium.

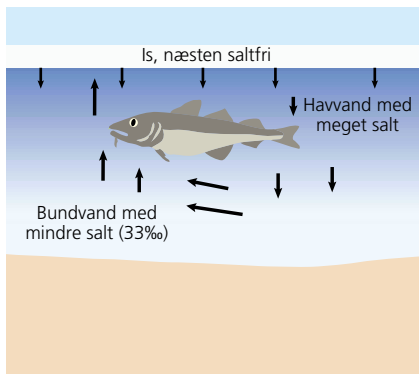
	Bly (Pb)	Zink (Zn)	Jern (Fe)	Kobber (Cu)	Cadmium (Cd)	Sølv (Ag)	Arsen (As)	Kviksølv (Hg)
Måleenhed	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Malm	3,42	11,42	11,91	272	587	26,6	74,5	15,4
Zn-koncentrat	1,50	58,10	5,12	818	3.050	24,0	24,1	68,3
Pb-koncentrat	70,50	6,21	1,96	2.590	243	442,0	448,0	10,1
Tailings	0,18	0,41	14,10	117	28	4,0	56,6	0,7

Sammensætning af malm, koncentrat og tailings fra oparbejdningen i Maarmorilik 1983.

Metallerne fra malmen fordeler sig forskelligt, når malmen har været gennem oparbejdningsanlægget: Zink, bly, cadmium, kobber, sølv og kviksølv ender hovedsagelig i koncentratene og jern i tailings.

Et malmskib ligger ved kajen ved Maarmorilik og er ved at laste koncentrat om bord. Koncentratet, der ligner fint sand, har et højt indhold af bly og zink. Det læsses ombord på skibet via et overdækket transportbånd.





Når havvand fryser til is, udskiller det salt. Vandet umiddelbart under isen bliver derfor tungere og synker til bunds. Samtidig bliver dybereliggende vand løftet opad. Resultatet er, at vandet i fjorden - ofte helt ned til bunden - bliver blandet.

En tærskel ved fjordens munding forhindrede tailings i at flyde ud i den større fjord Qaamarujuk, og partiklerne i tailings sank ned på bunden i de dybe dele af Affarlikassaa. Imidlertid blev et par procent af det udledte bly og zink opløst i havvandet, og det blev herefter transporteret over tærsklen og ud i de nærliggende fjorde. Det skete, fordi havvandet i de dybe dele af fjorden - som regel en gang om vinteren - blev blandet op med vandet fra den øvre del af fjorden.

På den måde blev 10-30 tons bly og 30-55 tons zink hvert år opløst i fjordvandet og ført videre ud i havet. Selve opløsningen skete hovedsageligt fra det tidspunkt, hvor tailings forlod udledningsrøret, og til det var bundfældet. Når først det lå på havbunden, blev der kun frigivet meget små mængder bly vandet, mens der fortsat blev frigivet zink. Det skyldes forskelle i mineralernes kemiske egenskaber.

Gråbjerg på en bjergside ved Maarmorilik. Det viste sig, at metaller blev udvasket fra gråbjerg og forurenede fjorden. Efter minen lukkede, blev gråbjerg flyttet væk fra bjergsiden. Bredden af gråbjerg er ved havoverfladen ca. 250 meter.



Foto: DMU/Poul Johansen

Gråbjerg

Det meste gråbjerg blev deponeret i selve minen, hvor det ikke skader omgivelserne. De første 10 år af minens drift blev der imidlertid også deponeret gråbjerg i såkaldte gråbjergsdumpe på fjeldskråninger udenfor minen. Det drejer sig om i alt 2-3 mio. tons malm med et indhold på 0,1-0,8% bly og 0,3-2,3% zink. Når sulfidholdigt gråbjerg bliver placeret i det fri, vil regn- og smeltevand opløse metaller fra sulfiderne og føre dem ud i fjordene. En af dumpene lå på fjeldsiden direkte ud til og delvis i selve fjorden. Det resulterede i, at tidevand og bølger kunne udvaske metaller fra gråbjerg direkte til fjorden, og DMU fandt de højeste bly- og zinkværdier i tang og muslinger i området omkring denne dump. Materialet i dumpen blev flyttet, da minen lukkede.

Støv

Der blev spredt metalholdigt støv til omgivelserne fra flere kilder. Den største kilde var formentlig knuseværket, som lå i Den Sorte Engel. Her blev malmen grovknust, og da værket lå i ca. 600 meters højde, blev fint støv spredt over store afstande - op til 100 km fra minen i de første år af minens levetid. Senere lykkedes det at begrænse denne støvkilde. Transport og lastning af koncentratene var en anden vigtig kilde til spredning af støv til omgivelserne. Dette var en potentielt større kilde end den knuste malm, fordi materialet var finere og havde et højere indhold af metaller.

Minevand

Indtil 1984 var vandforurening fra selve minen ikke noget miljøproblem, fordi minen lå i permafrost og derfor var helt tør. I 1984 nåede minegangen ind i områder uden permafrost, og der begyndte at trænge vand ind i en minegang i den del af bjerget, der var dækket af indlandsis. Vandet var helt rent, men på sin vej gennem minegangene ophvirvlede vandet metalholdige partikler, som så senere strømmede med vandet ud af minen til en elv og derfra til fjorden. Der strømmede dagligt 2-10 kg zink og 1-5 kg bly ud af minen, indtil det lykkedes at sætte ind overfor denne kilde. Det var væsentligt mindre end den mængde af opløst metal fra tailings, der blev ledt ud i fjorden ved Maarmorilik, men af samme størrelsesorden som tilførslen af opløst metal fra kajområdet i Ivittuut.

Foto: DMU/Geert Asmund



DMU indsamlede en mængde forskellige prøver for at følge udviklingen i forureningen af fjorden. Der blev bl.a. indsamlet prøver af bundvandet i Affarlikassaa som blev analyseret for opløst bly og zink. Billedet er taget i marts måned.

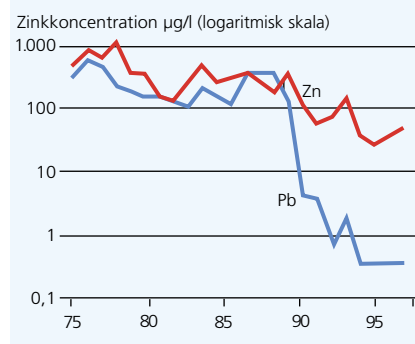
Miljøpåvirkningen

Den omfattende og uventet høje forurening, som viste sig ved Maarmorilik kort efter minens start, førte til, at der blev iværksat et større overvågningsprogram af områdets metalbelastning.

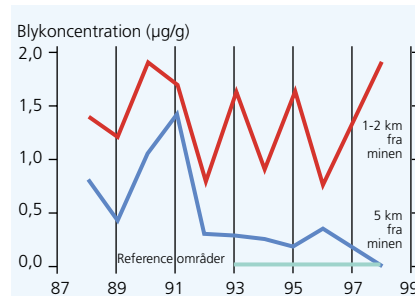
DMU fulgte bl.a. indholdet af opløst bly og zink i bundvandet i Affarlikassaa. Koncentrationen steg voldsomt de første år af minens levetid, men i slutningen af 1970'erne faldt koncentrationen væsentligt, da det lykkedes mineselskabet at begrænse forureningen fra oparbejdningsanlægget. Siden minen blev lukket, er indholdet af bly i havvandet faldet markant. Det af-fald fra minedriften, som ligger på bunden af Affarlikassaa, afgiver nu kun meget lidt bly, mens der stadig bliver afgivet zink. Efterhånden som naturligt sediment dækker affaldet, forventer DMU, at frigørelsen af bly og zink stopper.

Overvågningen af miljøet har også omfattet rejer, almindelige fiskearter (ammassat (lodde), hellefisk, torsk, uvak (fjordtorsk), plettet havkat og almindelig ulk), havfugle (tejst, ederfugl, kongeederfugl, gråmåge og hvidvinget måge) samt ringsæl. I de fleste tilfælde var indholdet af bly i prøver fra disse arter lavt og ikke højere end i andre områder i Grønland. DMU vurderer derfor ikke, at befolkningen i området har været udsat for en sundhedsrisiko ved at spise rejer, fisk, fugle og sæler fra området.

Koncentrationen af zink og bly i vandet på dybder større end 25 m i Affarlikassaa i perioden 1975-1999. Der er ca. 1 µg/kg zink og ca. 0,02 µg/kg bly i uforurennet havvand ved Grønland.



Koncentrationen af bly i almindelig ulk fundet i leverprøver indsamlet i perioden 1988-1998. Prøverne er hhv. indsamlet 1-2 km fra minen og 5 km fra minen.



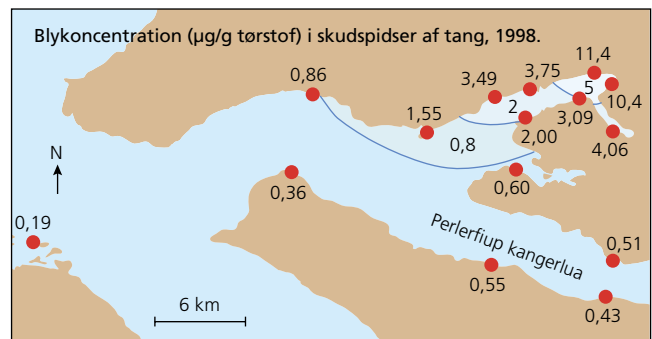
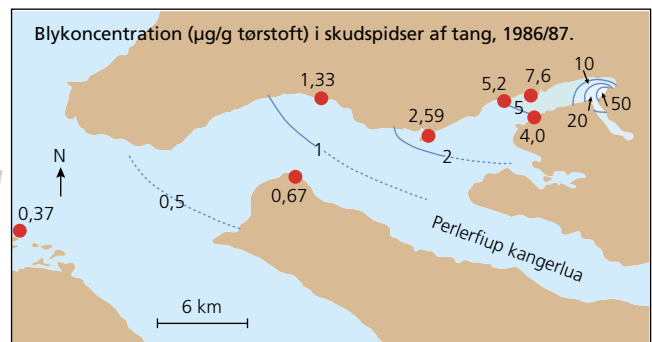
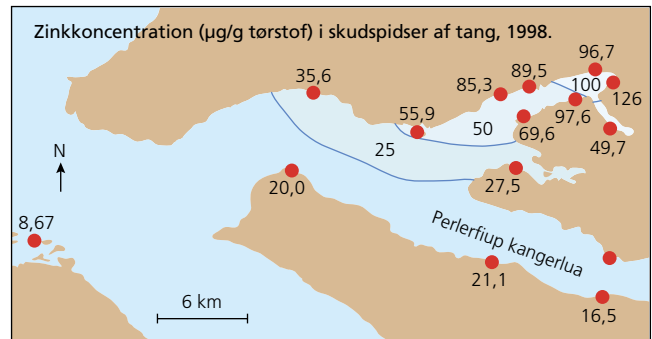
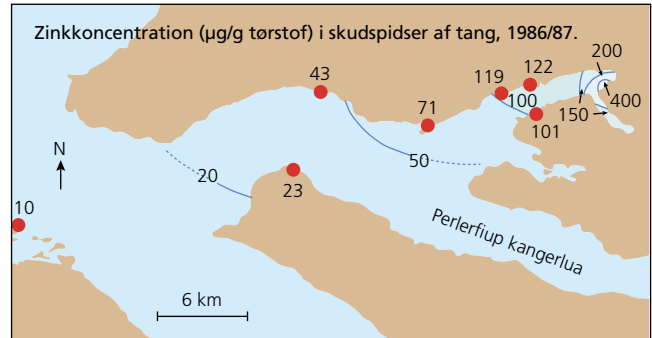
Hvad er forurenet og hvad er ikke forurenet?

Uforurenet			
Sæl: spæk, kød, lever, nyre	Uvak: kød	Havkat: kød, lever	
Hellefisk: kød	Ulk: kød	Torsk: kød	
Reje: kød	Edderfugl: kød, lever, nyre	Hvidvinget måge: kød, lever, nyre	Tejst: kød, lever, nyre
Forurenet			
Ammassat	Ulk: lever	Blåmusling	
Reje: hoved- og skaldele	Tang		

Mens minedrift fandt sted i Maarmorlik, men også efter, udarbejdede DMU oplysningsmateriale om miljøsituationen ved minen. Der blev uddelt pjecer på grønlandsk og dansk til befolkningen i Uummannaq kommune. Her er en side fra pjecen.



Figurene viser koncentrationen af zink og bly i tang tæt ved minen målt i 1998 og længere ude i fjordsystemet målt i 1986-87.



DMU har dog fundet forhøjede blyværdier i leverprøver fra ulk og plettet havkat samt i rejer. De mest belastede arter er dem, der ikke bevæger sig så meget omkring og som har opholdt sig i de forurenede områder nær minen. Det gælder f.eks. for almindelig ulk, hvor man stadig kan se en forskel på indholdet af bly i lever fra fisk fanget indenfor få km fra minen.

DMU har også fulgt udviklingen i indholdet af metaller i fastsiddende tangplanter (blæretang og ishavstang) samt blåmuslinger fra mange lokaliteter i fjordene ved Maarmorilik. DMU fandt meget større koncentrationer af bly og zink i disse arter end i fisk, rejer, fugle og sæler.

Indholdet af bly og zink i tang er anvendt som mål for spredningen af metaller i de øvre vandlag. Tang optager bly og zink fra havvandet, og det kan derfor bruges som indikator for metalbelastningen på den lokalitet, hvor det er indsamlet. DMUs undersøgelser viser, at forureningen er faldet efter at minen er lukket. Det største fald er fundet for bly, sådan som det også er målt i havvandet.

Blåmuslinger optager også metaller, især bly, fra havvandet, og de kan derfor også bruges som indikator for forureningens omfang. I årene umiddelbart efter minen åbnede, steg indholdet af bly i blåmuslinger til omkring 3.000 gange det naturlige niveau. Blyindholdet i muslingerne i de tre fjorde tæt ved minen steg til så høje værdier, at befolkningen blev frarådet at indsamle og spise blåmuslinger fra dette område. Siden er indholdet af bly i muslingerne faldet, men området med blyforurenede blåmuslinger er stadig stort. Det skyldes især, at muslingerne kun langsomt udskiller det bly, de én gang har optaget, samt at muslingerne kan blive op til 25 år gamle.



Foto: DMU/Christian M. Glahder

Da blåmuslinger opholder sig på samme sted hele tiden, er de gode indikatorer for forurening. DMU indsamler derfor ofte muslinger i forbindelse med både baggrundsundersøgelser og miljøovervågning.

Kun friske blåmuslinger bliver analyseret for indholdet af forurenende stoffer som bly og zink. Her er muslingerne taget ud af skallerne og klart til at blive nedfrosset.



Foto: DMU/Christian M. Glahder

Effekter af bly på planter, dyr og mennesker

Foto: DMU/Gert Asmund



DMU undersøger forurenende stoffer i fisk og havpattedyr. Her hjælper lokale fangere med at indsamle prøver fra bl.a. plettet havkat.

Miljøundersøgelserne ved de tre tidligere miner ved Maarmorilik, Mestersvig og Ivittuut viser, at der er høje koncentrationer af især bly og zink i planter og dyr, havvand og sediment indsamlet i nærheden af minerne.

Bly anses for at kunne skade omgivelser og mennesker mere end zink.

Opløselighed

Bly bliver udvundet fra mineralet blyulfid, også kaldet blyglans. I miljøet vil blyulfid ofte danne salte, der i de fleste tilfælde kun er svagt opløselige i vand. Det betyder, at der meget sjældent er mere end 1.000 µg bly opløst i 1 liter vand. Jo mere kalk (hårdt vand) og jo flere lerpartikler der er i vandet, desto mindre bly bliver opløst. Dette har stor betydning for giftvirkningen af bly. En udledning af ca. 100 gange så meget bly til hårdt vand som til blødt vand vil give omtrent samme giftvirkning overfor fisk.

Optagelse

Dyr, der lever i vand, optager bly gennem gællerne eller via føden. Bly ser ud til at hæfte sig på overfladen af fiskeæg uden at trænge ind til fiskelarven. Bly synes især at sætte sig på overfladen af tangplanter.

Koncentrationer i havvand

Da minen ved Maarmorilik startede i 1970'erne, fandt DMU de største koncentrationer af bly i bundvandet i fjorden, hvor tailings blev deponeret. DMU målte i gennemsnit 100-400 µg bly/l ved bunden, mens overfladevandet indeholdt 1-10 µg

bly/l. I slutningen af 1990'erne var blykoncentrationerne faldet til 0,2-0,6 µg/l i bundvandet og 0,1-0,2 µg/l i overfladevandet.

Dødelig virkning

Bly er dødeligt giftigt for muslinger og krebsdyr ved koncentrationer på 2.500-500.000 µg/l havvand, og for fisk i koncentrationer på ca. 400.000 µg/l og derover. Derfor har koncentrationen af bly formentlig ikke været dødeligt giftig for dyrene i fjordene ved Maarmorilik.

Skadelige virkninger

Skadelige virkninger optræder som regel først efter længere tids påvirkning af blykoncentrationer, der er betydeligt lavere end de koncentrationer, der dræber organismene. Østerslarver og voksne blåmuslinger får hæmmet deres vækst ved blykoncentrationer på henholdsvis ca. 20 µg/l og over 200 µg/l. Unge stadier af fisk er langt mere følsomme overfor bly end voksne fisk, og Verdenssundhedsorganisation (WHO) har fastsat en koncentration på 40-200 µg/l som øvre acceptabel grænse. Hos fisk kan denne påvirkning resultere i at halen bliver mørk, rygsøjlen bliver deformeret, at halefinnerne bliver ødelagt og at produktionen af hæmoglobin bliver hæmmet. Der er desuden eksempler på, at fisk svømmer bort fra blykoncentrationer på 20-70 µg/l. Der kan opstå skader på planternes cellevæv og fotosyntesen bliver hæmmet ved blykoncentrationer på 1.000-15.000 µg/l. Disse oplysninger tyder på, at ungfisk, muslinger i forskellige livsstadier samt andre hvirvelløse dyr indenfor en afstand af et par km fra Maarmorilikminen kan have været påvirket af bly i de første år, minen var i drift.

Akkumulering

Bly kan akkumuleres (ophobes) i en lang række organismer som f.eks. tang, muslinger og fisk. Det betyder, at koncentrationen af bly er højere i disse organismer end i det omgivende miljø. Der er i slutningen af 1990'erne fundet følgende blykoncentrationer i prøver indsamlet i fjordene omkring de tre miner: 3-20 mg/kg tørvægt (bemærk enheden: mg = 1.000 µg) i tang, 600-1.185 mg/kg tørvægt i muslinger og 0,07 mg/kg tørvægt i lever fra havkat. 10-20 år tidligere var disse koncentrationer 5-7 gange højere i tang og 2 gange højere i muslinger og fiskelever. Derimod er der ikke noget der tyder på, at

koncentrationen af bly stiger fra organisme til organisme op gennem fødekæden (den såkaldte biomagnifikation), som bl.a. er kendt for kviksølv, PCB og DDT.

Fødevarer

De høje blykoncentrationer i blåmuslinger i områderne ved Maarmorilik og Ivittuut har betydet, at de grønlandske myndigheder fraråder mennesker at spise muslinger fra kyststrækninger i en afstand på godt 20 km fra Maarmorilik og 3-6 km fra bruddet ved Ivittuut. I Danmark anbefaler Fødevaredirektoratet en maksimal grænse for bly i muslinger på 2 mg/kg vådvægt, hvilket omtrent svarer til 14 mg/kg tørvægt. Det er denne grænse, der er anvendt i Grønland. Hvis en person på 60 kg spiser 250 g muslingekød, der netop indeholder 2 mg bly/kg vådvægt, vil personen indtage 500 µg bly. Det svarer til en trediedel af den mængde bly, personen højst bør indtage pr. uge, hvilket svarer til det såkaldte midlertidige acceptable daglige indtag af bly på 25 µg/kg legemsvægt, WHO har fastsat.

I Grønland har DMU beregnet, at en person i gennemsnit indtager ca. 15 µg bly om ugen ved at spise forskellige havdyr, som ikke er påvirket af minedrift. Dette er kun ca. 1% af den acceptable værdi for en person, der vejer 60 kg. Derimod kan man få et væsentligt indtag af bly fra fugle, der er skudt med blyhagl. DMU har således beregnet, at man indtager 50 µg bly ved at spise én haglskudt lomvie.

Effekter på mennesker

Det er kun 5-15% af det bly, et menneske indtager, der bliver optaget i kroppen. Børn vil dog optage mindst 25% af det bly, de indtager. Hvis kosten er fattig på kalcium (Ca), vil kroppen optage mere bly. Bly bliver oplagret i knoglerne, blodet, nervevævet og i nyrerne. Bly kan frigøres fra knoglerne til blodet. 90% af blyet findes i de røde blodlegemers cellemembran og i hæmoglobin. I forbindelse med graviditet kan moderens knogler frigive bly til blodet, så det bliver ført videre til barnet i livmoderen. Senere kan bly blive overført med modermælken til det nyfødte barn. Det meste bly i nervevævet findes i forskellige dele af hjernen.

Den mest kritiske påvirkning fra bly på organismen, er påvirkningen af nervevævet. Det er påvist, at børn får nedsat hørelse og dårligere indlæringssevne ved blykoncentrationer i blodet på ned til 10-20 µg/100 ml. Der er anbefalet en mak-

Arbejderne i Maarmorilik fik løbende kontrolleret koncentrationen af bly i blodet. De medarbejdere, der var særligt udsat for det blyholdige støv, havde de højeste koncentrationer. Koncentrationerne blev nedbragt til det halve efter at arbejdernes kontakt med støvet blev begrænset.



Foto: Rolf Müller

simal grænse på 10 µg bly/100 ml blod for børn. Hvad angår påvirkningen af voksne er der konstateret forhøjet blodtryk ved koncentrationer på 30 µg bly/100 ml blod. Det er den mest følsomme effekt af bly for voksne. Bly kan desuden forkorte levetiden for røde blodlegemer og forstyrre hæmoglobins funktion. Der er påvist skader på nyrefunktionen hos børn ved blykoncentrationer på 40 µg/100 ml blod.

Arbejderne i Maarmorilikminen var særlig udsat for blyholdigt støv, og derfor blev indholdet af bly i deres blod løbende overvåget. Arbejderne havde blykoncentrationer på 6-74 µg/100 ml blod afhængig af deres beskæftigelse i minen. I 1978 lå gennemsnittet for 15 forskellige arbejdsgrupper på 26-49 µg/100 ml blod. Smede, operatører og mekanikere havde de højeste blybelastninger. I 1986 var blykoncentrationerne faldet til omtrent det halve, efter at selskabet havde gjort en indsats for at begrænse arbejdernes kontakt med det blyholdige støv.

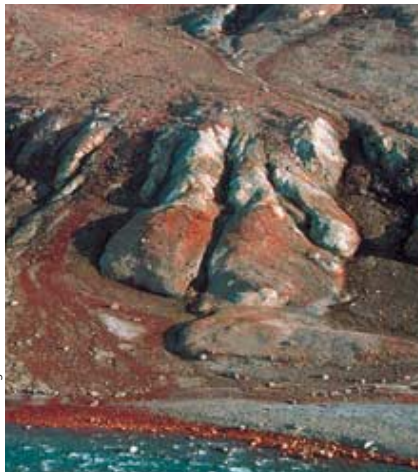


Foto: Bo Elberling

Bly-zinkforekomsten i Citronen Fjord er tydelig. Stenene i kanten af elven er farvet røde af den udfældede okker. Gossans udstrækning fra for- til baggrund er ca. 100 meter.

Hvordan er det muligt at modvirke forurening fra minedrift?

Først i løbet af de seneste ca. 30 år er der kommet opmærksomhed omkring miljøbeskyttelse i forbindelse med minedrift. Det gælder ikke alene for Grønland, men det er efterhånden blevet en fast praksis i det meste af verden, at "miljø" bliver en integreret del af nye mineprojekter, og at mineselskaberne har ansvaret for miljøbeskyttelsen.

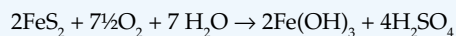
Så snart et mineselskab ved, hvordan en aktivitet kan påvirke det omgivende miljø, er det muligt for selskabet at tilrettelægge minedriften, så påvirkningerne af miljøet bliver undgået eller væsentligt reduceret. Det er derfor vigtigt for selskabet at foretage grundige miljøundersøgelser, inden der bliver taget stilling til, hvordan et givet mineprojekt skal udføres.

Undersøgelserne skal fastlægge områdets naturlige tilstand og identificere de vigtigste påvirkninger af miljøet. Det er bl.a. nødvendigt grundigt at vurdere den kemiske sammensætning af tailings og gråbjerg, at bestemme opløselige bestanddele, at vurdere tilsætningskemikalier samt at undersøge, hvordan støv og støj kan påvirke dyrelivet og lokalbefolkningens udfoldelsesmuligheder i nærheden af minen.

Flere mineprojekter bl.a. i Arktis har givet erfaring i håndtering af miljøproblemer ved minedrift. Et eksempel herpå er de muligheder, selskaberne har for så effektivt som muligt at begrænse frigørelsen af metaller fra det affald fra brydning og oparbejdning af malmen, der bliver deponeret. Et andet eksempel på begrænsning af forurening fra partikler fra diamantminedrift er beskrevet lidt senere.

Dannelse af syre og frigørelse af metal

Der er ofte miljøproblemer ved minedrift, når sulfidholdigt affald bliver udsat for luft og vand samtidigt. Som regel er hovedbestanddelen svovlkis (FeS_2) med et mindre indhold af andre sulfider. Når svovlkis bliver iltet, dannes der svovlsyre. Den kemiske proces er:



Jernet udfældes som okker ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) enten på stedet eller i de vandløb, der dræner affaldsdepotet.

Okkerfarvede sten langs elven.



Foto: Bo Elberling

Svovlsyren opløser metaller (herunder bly, kviksølv og cadmium) fra mineaffaldet. Det er helt afgørende for omfanget af forureningen, om affaldet i sig selv indeholder mineraler, som kan reagere med og neutralisere svovlsyren. I Maarmorilik er der f.eks. så meget marmor (kalk) i gråbjerget, at svovlsyren med det samme bliver neutraliseret. Tailings ved Maarmorilik indeholder meget marmor, og derudover er tailings dækket af havvand, som har pH 8 og også indeholder en del karbonat, der kan neutralisere syre. Det var altså ikke det klassiske forureningsproblem, der plagede Maarmorilik. Problemet var, at forvitret blyglans viste sig at være opløseligt i havvand. Dette var ikke tidligere observeret, og det var derfor en stor overraskelse i 1974, da den første miljøundersøgelse blev udført i Maarmorilik. Observationen har resulteret i, at det nu er standard at undersøge, om mineaffaldet kan frigive metaller, før det overhovedet bliver overvejet at deponere affaldet i en sø eller i havet.

Iltningen af svovlkis kan foregå på to forskellige måder: Hvis både vand og ilt er til stede, angriber ilten langsomt svovlkisen som vist i formlen ovenfor. Dette kaldes en kemisk iltning. Ved den anden proces starter den kemiske iltning med lavt pH, og iltningen fortsætter som en bakteriel proces. Svovlbakterien *Thiobacillus ferrooxidans* er f.eks. i stand til at udnytte iltningen af jern som energikilde. Den bakterielle produktion af svovlsyre er meget større end ved kemisk iltning. Svovlbakterien *Thiobacillus ferrooxidans* er fundet overalt på jorden i de områder, hvor svovlkis er tilgængeligt for vand og luft. Selv i Peary Land i det aller nordligste Grønland er bakterien fundet som en stamme, der har tilpasset sig de lave temperaturer, og som kan ligge i dvale de 10 måneder om året, hvor der ikke er flydende vand til rådighed for dens livsprocesser.

De metoder, selskaberne bruger til at forhindre iltning af mineaffald med svovlkis, er baseret på at forhindre, at svovlkis får kontakt med enten vand eller ilt. Mineselskaberne har fået erfaringer med denne metode fra Canada. Det er som regel praktisk umuligt at undgå, at mineaffaldet kommer i kontakt med vand, undtagen i meget kolde områder, hvor mineselskaberne kan anbringe svovlkisholdigt mineaffald i permafrost. Selskaberne har dog haft større succes med at forhindre adgangen af ilt til mineaffaldet, ved at dække affaldet med stillestående vand. Det kan lade sig gøre i specielt konstruerede damme, i søer med lav vandgennemstrømning, eller på steder af havbunden, hvor der ikke er væsentlige havstrømninger, og hvor mineaffaldet ikke gør skade.



Foto: Rolf Müller

Tailings fra Maarmorilik blev deponeret i fjorden bag minebyen. Øverst på klippevæggen ses indgangen til minen.

I det hele taget må man forvente, at der kan ske hurtige kemiske reaktioner, når malm bliver knust og påvirket af luft og vand. Processerne vil ske mange gange hurtigere end normalt, fordi brydningen resulterer i, at der pludseligt opstår store uforvitrede overflader. Undersøgelser af disse processer er vigtige, når selskaberne skal vurdere, hvordan de skal håndtere mineaffaldet, og undersøgelserne skal være udført i god tid før et mineprojekt bliver sat i gang.

Overflade af gossans.



Foto: Bo Elberling

Begrænsning af forureningen i Grønland

Miljøbeskyttelse var ikke et aspekt, der indgik i driften af bly-zinkminen i Mestersvig. Det var heller ikke tilfældet for kryolitminen i Ivittuut, bortset fra de sidste 5 år af minens levetid. Ved begge disse miner er der efterladt affald, som vil frigive metaller til det omgivende miljø mange år ud i fremtiden. Det vil være teknisk muligt i en vis udstrækning at begrænse forureningen fra disse kilder, men udgifterne hertil kan ikke pålægges de selskaber, som i sin tid drev minerne. De fik retten til at udnytte mineralerne for så mange år siden, at der ikke var nogen, der tænkte på, at minedriften kunne påvirke miljøet. De blev ikke pålagt nogen krav om miljøbeskyttelse, sådan som mineselskaberne bliver det i dag.

Bly-zinkminen i Maarmorilik var den første mine i Grønland, hvor der blev udført miljøundersøgelser og vurderinger af miljømæssige effekter, inden minedriften blev indledt. Det var også den første mine, hvor mineselskabet blev gjort ansvarlig for skader på miljøet. Det var derfor uventet, at der kort tid efter minedriften var startet blev påvist en omfattende forurening af fjordene ved Maarmorilik. Forureningen var årsagen til, at mineselskabet iværksatte et omfattende miljøprogram, der skulle kortlægge kilderne til forureningen og anviser indgreb overfor disse. En proces, som forløb i hele minens levetid. På den måde lykkedes det at begrænse forureningen væsentligt. De vigtigste indgreb overfor forureningskilderne var:

- At mindske indholdet af bly og zink i tailings. Det skete ved at ændre den proces, selskabet brugte til at udvinde bly og zink fra malmen
- At mindske spredningen af metaller i fjorden. Det skete ved
 - 1) af fjerne luft fra tailings, inden det blev ledt ud i fjorden,
 - 2) at tilsætte kalk, aluminiumsulfat og et flokkuleringsmiddel (organisk forbindelse, der får partikler til at klumpe sammen) til tailings og
 - 3) at øge indholdet af salt i det vand, der blev udledt i tailings, så vægtfylden steg
- At mindske spredningen af støv. Det skete ved at installere et filter ved minens knuseværk og ved helt at indkapsle det transportbånd, der transporterede malmkoncentrat fra lageret til malmskibene
- At fjerne den gråbjergsdump, der forurenede mest. 400.000 tons materiale blev gravet op. Materialet blev dels deponeret ovenpå tailings på bunden af Affarlikassaa og dels i et tidligere marmorbrud, som blev brugt som lager for bly- og zinkkoncentraterne i Maarmorilik

Da minedriften stoppede, blev produktionsanlægget og boligerne ved minen solgt eller revet ned og deponeret i de forladte minegange, eller de blev dækket med knust marmor. Herved blev de synlige spor af virksomheden også begrænset. Der blev kun efterladt to bygninger i Maarmorilik, som Uummannaq kommune ønskede at overtage.

Det forladte mineområde ved Maarmorilik, som det så ud efter året 1992. Alle bygninger er fjernet på nær to, som Uummannaq kommune har overtaget.



Regulering af mineralaktiviteter



Foto: DMU/Poul Johansen

Kirkespirdalen i Sydgrønland, som er centrum i guldefterforskningen ved årtusindeskiftet. Det er vigtigt at naturen, påvirkes så lidt som muligt både ved efterforskning og egentlig minedrift.

Oversigt

Råstofdirektoratet, der er en del af Grønlands Hjemmestyres administration i Nuuk, skal sikre, at miljøet bliver beskyttet i forbindelse med råstofaktiviteter. DMU rådgiver Råstofdirektoratet om miljøforhold i forbindelse med råstofaktiviteter, og rådgivningen er en del af aftalen mellem den danske stat og Grønlands Hjemmestyre om de mineralske råstoffer i Grønland.

Når et efterforskningsprojekt går i gang i Grønland, vurderer Råstofdirektoratet de mulige miljømæssige konsekvenser. DMU giver Råstofdirektoratet faglige råd til denne vurdering. Det sker med baggrund i et sæt generelle regler, som efterforsk-

ningselskaberne skal følge. De generelle regler indeholder bl.a. retningslinier for, hvordan selskaberne skal forholde sig ved transport i terrænet, indretning af feltlejlre, borer, sprængningsarbejde og lignende. Disse regler skal sikre, at den fysiske påvirkning af terrænet og vegetationen bliver begrænset mest muligt f.eks. ved at sikre, at selskaberne undlader at køre i terrænet i de perioder, hvor terrænet er oplødt efter snesmeltningen om foråret.

Foto: DMU/Christian M. Glænder



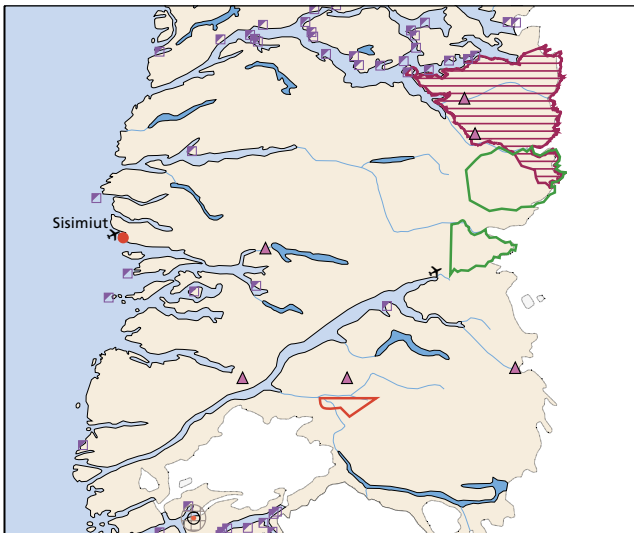
En lejr oprettet i Citronen Fjord i forbindelse med efterforskning af mineraler i området.

Vigtige områder for dyrelivet

Råstofdirektoratet har, i samarbejde med DMU, udpeget et antal vigtige områder for dyrelivet. Meningen med denne udpegning er at gøre mineselskaberne opmærksomme på, at mineralefterforskningen i disse områder skal udføres under særlig hensyntagen til dyrelivet.

Der er på nuværende tidspunkt udpeget følgende vigtige områder for dyrelivet:

- Lomviekolonier og andre havfuglekolonier (f.eks. for terner og måger)
- Fældeområder for ederfugle
- Forårs-, yngle- og fældeområder for gæs
- Kælvningsområder for rensdyr og moskusokser
- Områder med ynglehi for isbjørne
- Oversomringsområder for narhvaler
- Landgangspladser, overvintrings-, forårs- og oversomringsområder for hvalros



Eksempel på reguleringskort over området mellem Attu og Napassooq. Vigtige områder for dyrelivet er markeret på kortet. Mineselskaberne kan bruge informationerne til at tilrettelægge deres efterforskning, så de undgår at forstyrre dyrelivet i de kritiske perioder.

Art	Symbol
Lomviekoloni (ynglende polarlomvier) 1. juni-15. september	
Anden fuglekoloni (ynglende havfugle) 1. juni-15. september	
Ederfugle m.v. (fældeområde) 1.august-30. september	
Gæs (yngle- og fældeområde) 15.-31. maj og 15. juni-10. august	
Gæs (Rasteområde). 1.-20. maj	
Bramgåskoloni .15. maj-10. juli	
Moskusokse (kælvningsområde) 15. april-31. maj	
Rensdyr (kælvningsområde) 20. maj-20. juni	
Isbjørn (områder med ynglehi) 1. oktober-31. marts	
Narhval Østgrønland: 1. juni-31. oktober Nordvestgrønland: 1. august-15. oktober	
Hvalros (landgangspladser) 15. juli-1. oktober	
Hvalros (overvintrings- og forårsområder) Avanersuaq/Thule 1. oktober-15. juni	
Hvalros (hunner med kalve) Nordøstgrønland. 1. maj-15. oktober	

Mange af de udpegede områder dækker mindre arealer, som f.eks. havfuglekolonier og landgangspladser for hvalros, mens enkelte områder dækker relativt store arealer, som f.eks. gåse-, moskusokse- og narhvalområder. De vigtige områder for dyrelivet vil løbende blive revideret, efterhånden som der kommer ny viden om dyrenes udbredelse og deres følsomme perioder.

Reguleringskort

I 1993-1998 var 3-15% af Grønlands isfrie landområder omfattet af efterforskningsstilladelser. Samtidig havde Råstofdirektoratet givet 15-25 tilladelser til forundersøgelser, der hver især dækker ca. 1/3 af Grønland. Da mineselskaberne i stor udstrækning bruger helikoptere til deres efterforskning, er det i teorien store områder, der bliver undersøgt og dermed mange dyr, der kan blive påvirket af efterforskningen. Dyrelivet klumper sig ofte sammen, f.eks. i fuglekolonier, i kælvningsområder eller i fældeområder. Det er sådanne områder, der i bestemte perioder er følsomme overfor forstyrrelser, og som derfor er udpeget som vigtige områder for dyrelivet. Mineselskaberne kan godt efterforske områderne i bestemte perioder, men alle aktiviteterne i forbindelse med efterforskningen skal godkendes. Det betyder, at Råstofdirektoratet skal have detaljerede planer for selskabernes aktiviteter i området, så direktoratet kan vurdere, om den planlagte efterforskning kan skabe konflikter i forhold til dyrelivet. Derudover skal mineselskaberne informere de relevante kommuner om de kommende aktiviteter før hver enkelt feltperiode.

I det følgende eksempel har mineselskabet fået en efterforskningsstilladelse i et område op mod indlandsisen øst for Kangerlussuaq. På Råstofdirektoratets reguleringskort kan mineselskabet se, at der er tre forskellige typer vigtige områder for dyrelivet indenfor efterforskningsområdet: et kælvningsområde for rensdyr, en havfuglekoloni og en forårsrasteplass for gæs.

Det første år vil selskabet indsamle geologiske prøver fra hele efterforskningsområdet, og de skal derfor ind i alle tre områder. Selskabet skal tage hensyn til de vigtige områder for dyrelivet i følgende kritiske perioder: 1.-20. maj (gæs), 20. maj-20. juni (rensdyr) og 1. juni-15. september (havfugle). Selskabet vælger at undersøge områderne ved fuglekolonien og gæsastepladsen i slutningen af maj. Herefter efterforsker de arealerne udenfor de vigtige områder for dyrelivet, og selskabet slutter af med at indsamle geologiske prøver i kælvningsområderne efter den 20. juni. På den måde undgår mineselskabet at komme ind i de vigtige områder for dyrelivet i de kritiske pe-

Rensdyrene er følsomme over for forstyrrelser, når de samles i kælvningsområderne. Der er derfor restriktioner for mineralefterforskning i de udpegede kælvningsområder i perioden fra 20. maj-20. juni, hvor kælvningen finder sted.



Two muskoxen (moskusoksetyre) prøver hinandens styrke af.



Foto: DMU/Peter Aastrup



Skærbillede af et
reguleringskort fra
Råstofdirektoratets
hjemmeside
www.bmp.gl

rioder, og Råstofdirektoratet behøver derfor ikke udstede nogen særlig miljøgodkendelse til undersøgelserne. Året efter ønsker selskabet at bore fra søs i marts og april. Da denne aktivitet ligger udenfor de følsomme perioder, er det heller ikke denne gang nødvendigvis med en særlig miljøgodkendelse.

I mange tilfælde har mineselskaberne således mulighed for at planlægge deres aktiviteter ud fra kendskabet og hensynet til de vigtige områder for dyrelivet. Selv en relativt omfattende mineralefterforskning behøver altså ikke at forstyrre det grønlandske dyreliv i større omfang.

Kortene over de vigtige områder for dyrelivet er vedlagt de generelle regler for mineralefterforskning i Grønland, og de er desuden tilgængelige via internettet (www.bmp.gl). Her kan mineselskaber eller andre klikke sig ind på de områder, de er interesseret i.

Forstyrrelser af dyrelivet

DMUs viden om, hvordan planter og dyr bliver påvirket af menneskelig aktivitet, er grundlag for den miljømæssige regulering af mineralefterforskningen i Grønland. Normalt afhænger dyrs reaktion på nye og ukendte forhold af, hvorvidt der er risiko for, at det nye eller ukendte udgør en trussel. Umiddelbart vil man forvente, at flugt er dyrenes første reaktion i områder, hvor der er mange rovdyr eller hyppig jagt.

Reaktionsmønsteret er imidlertid bl.a. bestemt af dyrenes erfaringer med mennesker, rovdyr og jagt, og mange dyr værner



Foto: Grønlands Naturinstitut/Erik W. Born

Polarlomvier yngler
på fuglefjelde i både
Vest- og Østgrønland.

Hvalrosser på en
landgangsplads i
Nordvestgrønland.

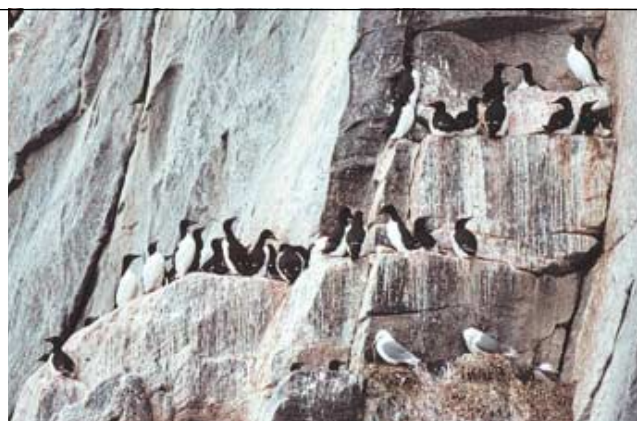


Foto: DMU/David Boertmann



Foto: DMU/Peter Aastrup

En gruppe moskusokser på flugt.

sig til forstyrrelser. Typisk vælger dyrene sig bedst til at blive forstyrret i områder, hvor de normalt ikke forbinder forstyrrelserne med fare. Det vil sige i områder, hvor der hverken er jagt eller rovdyr. Desuden vælger dyr sig lettere til forudsigelige forstyrrelser som f.eks. fast ruteflyvning, end til uforudsigelige forstyrrelser som f.eks. tilfældig helikopterflyvning.

Det er ikke ligegyldigt, hvornår dyrene bliver forstyrret. Når gæs f.eks. fælder deres svingfjer og derfor ikke kan flyve, reagerer de på forstyrrelser på længere afstande, end når de ikke fælder. Hvis rensdyr bliver forstyrret i deres kælvningsområder eller polarlomvier i deres ynglekolonier, har de i nogen grad mulighed for at beskytte deres unger, og de er derfor mere følsomme for forstyrrelser end normalt. Mange forstyrrelser i de vigtige perioder kan i ekstreme tilfælde resultere i, at bestanden får færre unger det år. DMUs kendskab til, hvordan de grønlandske dyrearter reagerer på forskellige typer af forstyrrelser på forskellige årstider, gør det muligt at rådgive om, hvordan selskaberne kan udføre mineralaktiviteterne, så de forstyrrer dyrelivet mindst muligt. DMU har bl.a. undersøgt, hvordan rensdyr og gæs reagerer på forstyrrelser.

Rensdyr

De fleste steder vandrer rensdyr mellem sommer- og vintergræsgange. Når de skal kælte, samles de drægtige hunner i bestemte områder, som normalt er tidligt snefrie, og hvor vegetationen derfor får en tidlig start. Rensdyr er meget selektive i deres fødevalg, og de bevæger sig meget rundt i deres søgen efter føde. Om sommeren er rensdyr ofte plaget af insekter, hvilket yderligere forstærker deres rastløse adfærd. Under optimale forhold opbygger rensdyrene i løbet af sensommeren et fedtlag, som de tærer på i løbet af vinteren. Om vinteren skraber de gennem sneen efter føde eller opsøger snefattige steder.



Efterforskningsudstyr bliver bl.a. flyttet rundt i terrænet med helikopter. Her flyttes en mindre borerig på Jameson Land i 1987.

Foto: DMU/Christian M. Glænder

Hvis rensdyr bliver forstyrret, kan det betyde:

1. At de bruger mere energi på blot at bevæge sig, mens de har mindre tid til at søge føde og hvile. På den måde får dyrene forringet deres muligheder for at opbygge et fedtlag, som de kan tære på gennem vinteren. Det kan betyde, at flere rensdyr dør, og at simlerne bliver dårligere i stand til at gennemføre drægtighedsperioden
2. At rensdyrene forlader vigtige forageringsområder
3. At der kan opstå panikreaktioner ved særligt kraftige forstyrrelser, som kan resultere i, at nogle af rensdyrene brækker benene eller aborterer

Forstyrrelserne påvirker i første omgang de enkelte individer. Samlet virker de forstyrrelser, som de enkelte dyr er udsat for, imidlertid også på hele bestanden. Eksempelvis kan en forringelse af dyrenes muligheder for at opbygge fedtreserver til vinteren betyde dårlig formering, større dødelighed eller at bestanden tvinges til at opholde sig i mindre velegnede områder.



Grønlandske rensdyr.

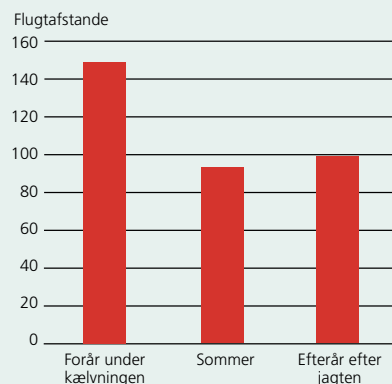
Foto: DMU/Peter Astrup

Forstyrrelser af rensdyr

I 1997-1998 undersøgte DMU de vestgrønlandske rensdyrs reaktioner på forstyrrelser. Undersøgelsen foregik i kælvingstiden, om sommeren og om efteråret efter jagtperioden ved Kangerlussuaq og i området nord for Nuuk. Formålet var, at få et indtryk af dyrenes flugtreaktioner på forskellige årstider og for forskellige køns- og aldersgrupper. Undersøgelsen foregik ved, at flokke af rensdyr eller enlige dyr blev provokeret ved at en person nærmede sig dyret, indtil det flygtede. For hver flok blev forskellige afstande registreret; når rensdyrene viste det første tegn på at have opdaget personen, når de viste frygt, hvornår de flygtede og hvor langt de løb. Afstandene blev målt ved hjælp af en Laser afstandsmåler.

Det viste sig, at rensdyr i flok reagerede tidligere end enlige dyr. Desuden var flokke med kalve mere årvågne end flokke, der udelukkende bestod af voksne dyr.

DMU konkluderede, at flugt- og frygtreaktioner hos grønlandske rensdyr svarer til de reaktioner, der er fundet i andre rensdyrbestande, og at rensdyr i kælvingstiden bør beskyttes mod forstyrrelser, som de bliver det andre steder i verden. Derfor er kælvningsområderne i Grønland særligt beskyttet som beskrevet i afsnittet om "Reguleringskort".



Flugtafstande for rensdyr på forskellige årstider. Figuren viser, at dyrene har den største flugtafstand i kælvingstiden.

Rensdyr i Vestgrønland har ingen naturlige fjender bortset fra mennesker. Jagten er begrænset til én måned fra midten af august til midten af september. Når rensdyr opdager et menneske, er de som regel nysgerrige og kredser omkring personen i 80-100 meters afstand, indtil de får fært, hvorefter de flygter. DMUs undersøgelser har vist, at dyrene som regel kun flygter over ret korte afstande. Det viser sig også, at rensdyrenes reaktioner er afhængige af flokkens sammensætning, årstiden og formentlig også bestandens tidligere erfaringer med mennesker.

Gæs

Grønland har seks forskellige gåsearter, og det er især kortnæbbet gås, blisgås og bramgås, der er blevet undersøgt i forbindelse med forstyrrelser.

Gæs er vant til forstyrrelser fra f.eks. polarræv og havørn, og de er derfor til en vis grad tilpasset forstyrrelser. Hvis de derudover også bliver forstyrret af menneskelige aktiviteter gennem længere tid, kan gæssene få problemer med f.eks. at skaffe føde nok og med at forsvare rede og unger. Forstyrrelser kan få betydning for hele gåsebestanden, hvis forstyrrelserne påvirker større flokke af rastende ynglefugle, større ynglekolonier, eller store flokke af fældende fugle.

Forårsrastepladser

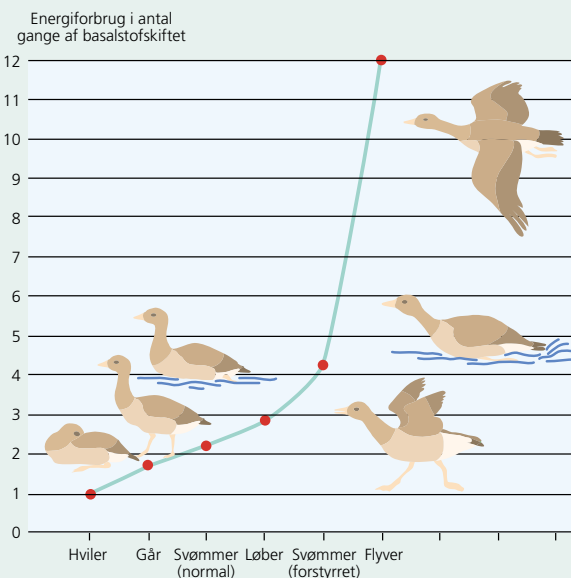
DMU har især undersøgt den grønlandske blisgås. Når blisgåsen ankommer til Grønland i maj, søger den føde på særlige forårsrastepladser i ca. 14 dage. Her bruger hunnen næsten 80% af døgnet på at græsse, hannen lidt mindre. Der er 10-20 vigtige forårsrastepladser i området mellem Kangerlussuaq/Søndre Strømfjord (67°N) og Ilulissat/Jakobshavn (69°N). Disse områder bliver tidligt snefrie, så føden er normalt tilgængelig, når gæssene ankommer. Hvis gæssene bliver forstyrret, mens de raster om foråret, kan det betyde, at en del af yngleparrerne undlader at yngle eller ikke gennemfører hele rugetiden. I denne periode bliver gæssene vagtsomme, når personer til fods er ca. 700 m væk, og de letter, når personerne er 200-500 m væk. Fly kan få gæssene til at lette, når de passerer over gæssene i 700 m's højde, men gæssene reagerer ikke på fly, der passerer i 1.000 meters højde eller højere.

Gæssenes årscyklus

Alle gåsearterne overvintrer i Vesteuropa eller i Nordamerika. Gæssene ankommer normalt til Grønland i løbet af maj måned.

Den første tid bruger gæssene på at fylde deres fedtdepoter op ovenpå den lange flyvetur fra vinterkvartererne. Herefter bruger hunnen meget energi på at producere 5-6 æg. Hun ruger næsten hele juni måned, og i den tid tager hun kun lidt føde til sig. Efter rugetiden kan hunnen have tabt op til en tredjedel af sin vægt og have tømt fedtdepoterne fuldstændigt. Hannen bruger energi på at forsvare reden, men han har tid til at græsse ind imellem. Derfor er hannen i bedre kondition efter rugetiden end hunnen.

Gæssene fælder deres svingfjer i begyndelsen af juli, og i de næste 3-4 uger er de ikke i stand til at flyve. Til trods for, at de skal opbygge nye fjer, er de normalt i stand til at holde deres kropsvægt i denne periode. De sparer bl.a. energi, fordi de ikke kan flyve. I august og september opbygger gæssene igen deres fedtlagre, så de er rustet til trækket til vinterkvarteret.



Figuren viser gæssenes energiforbrug ved forskellige former for adfærd. Energiforbruget stiger kraftigt, når gæssene svømmer eller flyver som følge af forstyrrelser.

Foto: DMU/Christian M. Glahder



To grønlandske blinggæs ved bredden af en sø på en yngleplads ved Sarfartoq i Vestgrønland.

Ynglepladser

De fleste gåsearter i Grønland yngler enkeltvis med 1 km eller mere mellem rederne. Kun bramgås yngler i egentlige kolonier, hvor rederne er anbragt på hylder på stejle fjeldsider. Hvis der foregår mineralefterforskning i gæssenes yngletid, vil det derfor i de fleste tilfælde betyde, at det kun er få reder, der bliver forstyrret. Det er heldigt, da gæssene i yngletiden er særligt følsomme. Hvis hunnen i slutningen af rugetiden ofte må forlade reden p.g.a. forstyrrelser, bruger hun for meget energi, og hun bliver derfor afkræftet. Hvis reden bliver forladt i længere tid af gangen, kan æggene blive kolde i den ofte kølige arktiske sommer. Reden ligger samtidig ubeskyttet overfor rovdyr som f.eks. ræve og ravne.

Fældeområder

Gæs, der fælder, kan ikke flyve, og de er i høj grad bundet til det område, de har valgt at fælde i. Et fældeområde skal derfor tilgodesee gæssenes behov for føde i 3-4 uger samt indeholde søer eller en elv, hvor gæssene kan søge tilflugt i tilfælde af forstyrrelser. DMU har undersøgt, hvad det betyder, at personer til fods, f.eks. geologer der søger efter mineraler, kommer i nærheden af fældende blinggæs. Resultaterne af undersøgelsen er illustreret i boksen sammen med undersøgelser af betydningen af helikopterflyvning.



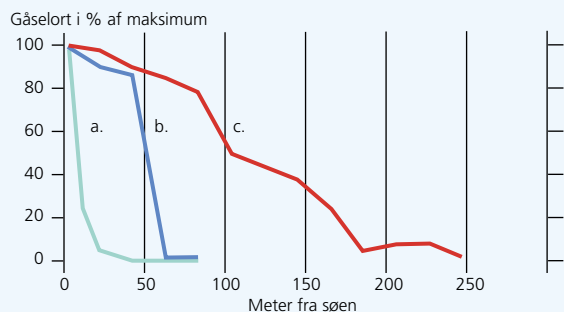
Foto: DMU/Christian M. Glahder

Fældende blinggæs på en sø i Naternaq i Vestgrønland klumper sammen og flygter da flyet nærmer sig. Flokken her blev optalt af DMU ved en undersøgelse af vigtige fældeområder for blinggæssene.

Helikoptertype	Kortnæbbet gås	Bramgås
Lille (Bell 206)	4,4 km (1,0-6,5 km)	2,6 km (0-5 km)
Større (Bell 212)	8,7 km (3-23 km)	9,1 km (7,5-15 km)

Tabellen viser på hvilke afstande, gæs bliver opmærksomme på flyvende helikoptere. Undersøgelsen er lavet for to gåsearter (kortnæbbet gås og bramgås) og to helikoptertyper. Afstandene er gennemsnitsafstande, og variationen er angivet i parentes.

Forskellige gåsearters udnyttelse af området omkring en sø i forbindelse med at de fælder. Udnyttelsen er undersøgt ved at registrere mængden af gåselort i forskellige afstande fra søbredden. Området med flest gåselorte (maksimum) er angivet med 100%. Tre arter er undersøgt: a. Grønlandsk blinggås; b. Bramgås; c. Kortnæbbet gås.

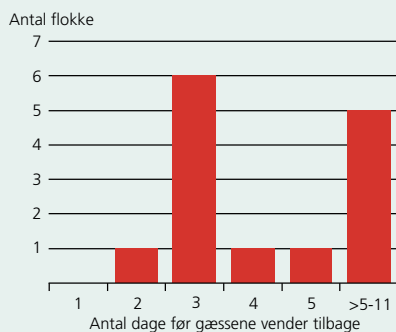


Forstyrrelser af fældende gæs

Figuren viser, hvor langt gæssene tør bevæge sig væk fra søbredden. Der er forskel på gåsearterne, men generelt bevæger de sig ikke over 100 m væk fra vandfladen - de fleste kun 20 m væk. Så selv om gæssene kan løbe relativt hurtigt, 3-6 km/timen, i det tuede terræn, er de tydeligt frygt-somme.

Når gæssene havde mulighed for at se den person, der gik direkte imod dem, blev gæssene vagtsomme, når personen i gennemsnit var 780 m væk. I seks tilfælde varierede afstanden mellem 470 og 930 m. Når personen i gennemsnit var 480 m fra gæssene, løb de bort. Gæssene flygtede adskillige km væk fra deres fældeområder. Først flere dage senere vendte de tilbage. Halvdelen af gåseflokkene var tilbage 3 dage efter forstyrrelsen, men en tredjedel af fuglene vendte først tilbage efter mere end 5 dage.

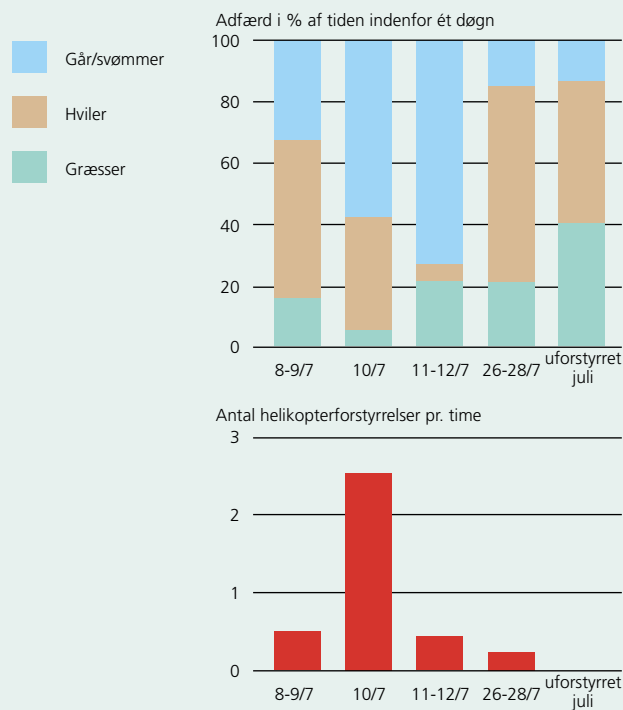
DMU har også undersøgt, hvordan bramgæs og kortnæbbede gæs i Østgrønland reagerer på helikoptere. Det viste sig, at gæssene i gennemsnit reagerer, når helikopteren er omkring 2½ til 9 km væk. Disse to arter reagerer altså på større afstande end blisgåsen reagerer på personer til fods.



Figuren viser, hvor mange dage der går, før gåseflokkene vender tilbage efter en forstyrrelse. Dag 0 er dagen, hvor de bliver forstyrret. 6 flokke vender tilbage efter 3 dage, mens der går mere end 5 dage for 1/3 af flokkene vender tilbage.

Under mineraletterforskningen flyver helikopterne ofte ret lavt over jorden, måske 100-150 m. Gæssene reagerer derfor først på lyden fra helikopteren. Hvis helikopteren holder sig 2-9 km fra gæssene, vil de for det meste blive på stedet. Hvis helikopteren kommer nærmere, vil gæssene flygte på samme måde, som hvis det var personer til fods. Forstyrrelserne betyder, at gæssene får mindre tid til at græsse og bruger mere tid og energi på at gå og svømme.

Undersøgelserne tyder på, at gæssene er særligt følsomme for forstyrrelser i perioden umiddelbart inden de begynder at fælde svingfjerene, og de kan da helt forlade et område.



Når gæs bliver forstyrret af en helikopter, bruger de betydeligt mindre tid på at græsse i forhold til, hvis de ikke bliver forstyrret.

Sammenfatning



Foto: DMU/Christian M. Glahder

En bundprøve fra Uttental Sund i Østgrønland bliver sigtet, for at adskille bunddyrene fra muddret. Prøven indgår i baggrundsundersøgelser ved guld-platin forekomsten ved Kangerlussuaq.

Minedrift er en aktivitet, som i større eller mindre grad påvirker omgivelserne. Den kan betyde udslip af metaller og miljøfremmede stoffer til vand, jord og luft, og lokalt kan minedrift forstyrre plante- og dyreliv.

I Grønland har der foregået minedrift i ca. 150 år. Det er dog først indenfor de seneste ca. 30 år, at miljøbeskyttelse indgår som en fast del af planlægningen og udførelsen af mineralefterforskning og -udnyttelse. Siden 1990 har der ikke været egentlig minedrift i Grønland, men der er en omfattende mineralefterforskning i alle regioner i Grønland.

Forurening fra minedrift

DMU har gennemført miljøundersøgelser ved tre større minevirksomheder i Grønland – ved kryolitminen i Ivittuut (Sydgrønland), ved bly-zinkminen i Mestersvig (Østgrønland) og ved zink-blyminen i Maarmorilik (Vestgrønland). I alle tre områder er omgivelserne forurenet med især bly og zink, som er frigjort fra de mineraler, som er brudt og oparbejdet. Forureningen kommer især fra tailings fra de anlæg, hvor indholdet af værdifulde mineraler i malmen er blevet adskilt og opkoncentreret. En anden vigtig forureningskilde har været såkaldt gråbjerg, dvs. brudt materiale, hvor metalindholdet har været for lavt til, at det har kunnet betale sig at udvinde metallerne. Spredning af metaller fra knusningen af malmen og fra transporten af de udvundne mineralkoncentrater har også medført forureningen af omgivelserne.

Planter og dyr kan optage metallerne. I Grønland er der eksempler på, at specielt bly ophober sig i høje koncentrationer i muslinger i tidevandszonen. Men der er også eksempler på, at fisk og rejer samt tangplanter får forhøjede blyværdier.

Forstyrrelser

I Grønland vil aktiviteter i forbindelse med minedrift og efterforskning af mineraler i mange tilfælde resultere i forstyrrelser i områder, hvor dyrene ellers lever uforstyrret af mennesker. Rensdyr kan blive forstyrret under deres kælvning, som foregår i bestemte lokale områder. Gæs kan blive skræmt bort fra bestemte områder, som de ellers vender tilbage til år efter år for at fælde deres svingfjer.

Mineralaktiviteter kan desuden påvirke anden menneskelig udnyttelse af et område – i Grønland gælder det især vigtige områder for fiskeri og fangst.

Miljøbeskyttelse

I Grønland forsøger selskaberne at gennemføre råstofaktiviteterne, så påvirkninger af miljøet bliver undgået eller begrænset mest muligt. Det er f.eks. muligt at gennemføre efterforskningsaktiviteter i perioder, hvor det generer dyrelivet mindst muligt. Det sker ud fra et regelsæt, som bl.a. indeholder en oversigt over områder, hvor dyrene er særligt følsomme for forstyrrelser.

Når et mineselskab ønsker at etablere egentlig minevirksomhed i Grønland, skal selskabet udarbejde en miljøkonsekvensvurdering, som danner grundlaget for Råstofdirektoratets behandling og godkendelse af det pågældende projekt. Vurderingen skal derfor indeholde en grundig beskrivelse af de forventede miljøeffekter og af, hvordan uønskede effekter kan undgås eller minimeres. Selskabet skal for eksempel sikre, at tailings og gråbjerg bliver deponeret på en måde, så frigørelse af metaller bliver væsentligt begrænset og ikke resulterer i, at forurenende stoffer bliver spredt over større områder. Der bliver også allerede ved godkendelsen af et mineprojekt udarbejdet en plan for, hvordan området skal efterlades, når minedriften stopper. Målet er, at området fremstår så lidt påvirket som muligt.



To sneharer i Nordvestgrønland.

Foto: DMU/Peter Aastrup



Foto: Marianne K. Petersen

Grønlandsk blisgås ankommer til den vigtige rasteplass Kuuk i Vestgrønland i maj måned.

Ordlister

Akkumulere: Ophobe, koncentrere.

Ammassat: Lodde. Lille laksefisk, der er almindelig i Grønland.

Anomalier: Afvigende forhold, f.eks. områder med forhøjede metalværdier.

Baggrundsundersøgelser: Undersøgelser af tilstanden i et område, inden det bliver påvirket af menneskelig aktivitet, f.eks. etablering af en mine.

Bakteriel proces: Omdannelse, der bliver initieret af bakterier. Eksempelvis bliver der dannet svovlsyre, når svovlkis bliver iltet af bakterier.

Blyglans: Det vigtigste mineral i blymalm. Gråsort metallisk, ofte med typiske skinnende spalteflader. Blyglans består af bly og svovl (PbS) og små mængder sporstoffer, deriblandt sølv.

Borerig: Det udstyr, der bliver anvendt til kerneboringer.

Collector: Et kemikalium, der gør visse mineraler vandskyende.

Cyanid: CN⁻. cyanid-ion, meget giftig forbindelse af kulstof og kvælstof, som anvendes meget i den kemiske industri.

Datering: Metode til at afgøre alderen på et geologisk materiale ud fra kendskabet til forholdet mellem forskellige radioaktive isotoper i materialet.

Depressor: Et kemikalium, der forhindrer bestemte mineraler i at blive vandskyende.

Dump: Affaldsplads.

Efterforskning: Den proces og metode, der anvendes til at lokalisere anvendelige mineraler i naturen. Udtrykket bruges både om såkaldte "hårde" mineraler (f.eks. diamanter eller bly-zinkmalm) og om energiressourcer (kul, olie og gas).

Feltundersøgelser: Betegnelsen anvendes typisk om tekniske og videnskabelige undersøgelser i terrænet. Foregår ofte intensivt i begrænsede tidsrum.

Flokkulering: Proces med organisk forbindelse, der får partikler til at klumpe sig sammen.

Flotation: En industriel proces, der bruges til at adskille mineraler. Visse mineraler bliver gjort vandskyende, og de hæfter sig på kunstigt frembragt skum, der bliver skummet fra de ikke vandskyende mineraler.

Fluor: Grundstof (F). I Grønland er det især fundet sammen med kryolit i Ivittuut og ved uranforekomsten i Kvanefjeld.

Forsuring: Dannelse af sure miljøer, f.eks. gennem oxidation af svovlkis til svovlsyre.

Geofysiske undersøgelser: Særlige undersøgelsesmetoder, der bliver brugt til at lokalisere mineralforekomster, og hvor jordens naturlige fysiske egenskaber, f.eks. magnetisme, tyngde, ledningsevne eller radioaktiv stråling, bliver målt.

Gossan: Betegner et rustfarvet område på overfladen, hvor en sulfidmalm er stærkt forvitret (oxideret), og hvor kun okker er tilbage. Det meste metal og svovl er da udvasket og forsvundet fra området.

Gråbjerg: Materiale, der bliver brudt for at få adgang til malm. Gråbjerg indeholder som regel en mindre del af de stoffer, der findes i malmen. Gråbjerg regnes som affald.

Gråbjergsdump: En stenbunke, som består af gråbjerg.

Hydrofile: Vandelskende.

Hydrofobe: Vandskyende.

Hæmoglobin: Protein i blodet der binder ilt.

Industrimineral: Betegnelse for en stor gruppe af mineraler, der kan anvendes efter en simpel behandling som eksempelvis rensning og opvarmning. Ler, kalk, fosfat og gips er eksempler på industrimineraler.

Isotop: En bestemt isotop af et grundstof henviser til en bestemt vægt af grundstoffets atom. Ofte består et grundstof af forskellige isotoper. F.eks. består naturligt forekommende jern af 5,82% af isotopen Fe-54, 91,66% af isotopen Fe-56, 2,19% af isotopen Fe-57 og 0,33% af isotopen Fe-58.

Kalk: Mineral af kalcium og karbonat (CaCO₃). Hovedbestanddel af kalksten og marmor. Meget udbredt og optræder ofte sammen med bly-, zink-, sølv- og kobbermalm.

Kemiske betegnelser: Alle grundstoffer har en særlig kemisk betegnelse som f.eks.: Pb (bly), Zn (zink), Fe (jern), Cu (kobber), Cd (cadmium), Au (guld), Ag (sølv), As (arsen), Hg (kviksølv), Nb (niobium), Zr (zirkonium), F (fluor), C (kulstof), S (svovl), Ca (kalcium) og U (uran).

Kerneboring: Boring, som efterlader en central kerne af den stenmasse, der bliver boret i – en såkaldt borekerne. Kernen bliver undersøgt og analyseret. Boringer (ofte mange tusinde meter) går normalt forud for starten på en mine. Kaldes også diamanthoring, fordi borehovedet er besat med skærende diamanter.

Koncession: Et mineselskabs rettighed til at efterforske og eventuelt udnytte malm i et område.

Koncentrat: Se malmkoncentrat.

Kryolit: Mineral af natrium, aluminium og fluor, der bliver anvendt som hjælpestof (flusmiddel) ved fremstilling af aluminium.

Lerskiffer: Lagdelt finkornet bjergart.

Lukket brud (mine): Udnyttelse af mineralske råstoffer ved minedrift under jorden, dvs. i skakter og gange. Minen i Messtersvig var et lukket brud.

Lødighed: Koncentration af et mineral eller grundstof i en malmforekomst. Måles f.eks. i % eller gram pr. tons malm.

Lønsomhedsundersøgelse: Økonomisk vurdering, der skal afklare, om det kan svare sig økonomisk at starte et givet mineprojekt; på engelsk: feasibility study.

Malm: Betegnelse for naturlig mineralansamling, som kan udnyttes med økonomisk udbytte.

Malmkoncentrat: Den mineralrige del af malmen, der er tilbage, når tailings er fjernet under oparbejdningen.

Makrodiament: Diamant, som er større end 0,5 mm i diameter.

Mg: milligram = en tusindedel gram.

Mikrodiament: Diamant, som er mindre end 0,5 mm i diameter. Det er de diamanter, som ikke udvindes i et diamantoparbejdningssværk.

µg: mikrogram = en milliontedel gram.

Miljøvurdering: En vurdering af de forventede påvirkninger af miljøet af en given aktivitet, f.eks. etableringen af en mine.

Minegang: I mange miner udgør minegange et kilometerlangt underjordisk netværk. Minegange er transportveje og har typisk dimension efter den type maskiner, som bliver anvendt.

Mineralsk råstof: Samlet betegnelse for alle de ikke-levende ressourcer i miljøet, som evt. kan udnyttes, f.eks. metaller i en malmforekomst.

Mineskakt: Lodrette eller stejltstående passager, der udsprænges i underjordiske miner, bl.a. for at sikre forbindelse mellem overfladen og de enkelte underjordiske niveauer.

Mølle: Slangudtryk om det anlæg, hvor mineralerne bliver udvundet fra malmen.

Oparbejdning: Den proces, som foregår i møllen, hvor de brugbare mineraler i malmen bliver adskilt fra restproduktet (tailings).

Oxidation: Iltning.

Permafrost: Jordbund, der har en temperatur lavere end 0°C hele året rundt. Permafrost er udbredt over store områder både i Grønland og i Arktis iøvrigt.

Prospektering: Eftersøgning efter malm. Betegner ofte de indledende efterforskningsaktiviteter.

Sedimentation: Proces, hvor partikler af bl.a. ler og sand efterhånden synker til bunds i søer eller havet.

Skummer: Kemikalium, der danner stabilt skum.

Sporstof: Et grundstof, der kun findes i meget lave koncentrationer i de stoffer, der skal undersøges. Ved spektrografiske analyser giver grundstoffet kun et svagt spor på den fotografiske plade, der er prøvens spektrum.

Svovlkis: Pyrit (FeS_2), mineral af jern og svovl. Meget udbredt i mange malmtyper. Svovlkis nedbrydes til svovlsyre og rust (okker) eller andre jernholdige røde aflejringer, og påvirker derfor tydeligt omgivelserne. Brydes normalt ikke uden at det indgår i en malm, der indeholder andre mineraler, f.eks. zink eller guld. Var tidligere den vigtigste kilde til fremstilling af svovlsyre.

Tailings: Betegnelse (fra engelsk) for den rest af findelt stenmateriale, der er tilbage, når malmen er oparbejdet. Er for det meste opslømmet i vand, og udledes normalt fra oparbejdningssanlægget til store bassiner, søer eller havet.

Tyngdeseparation: Særlig proces ved oparbejdning af malm. Separationen adskiller de forskellige bestanddele ved hjælp af stoffernes forskellige densitet (vægtfylde eller tæthed). Specielt velegnet til at skille guld fra sten.

Uvak: Torskefisk, også kaldet fjordtorsk. Almindelig i Grønland.

Zinkblende: Mineral af zink og svovl (ZnS), der er den mest almindelige bestanddel af zinkmalm.

Åbent brud (mine): "Dagbrud", "Open pit", udnyttelse af mineralske råstoffer ved minedrift fra overfladen. Der er ofte tale om udgravninger, som efterhånden udvides til store fordybninger (huller). Eksempel fra Grønland findes ved kryolitminen i Ivittuut.

Litteratur

Responses of West Greenland caribou to the approach of humans on foot

Aastrup, P. 2000. Polar Research 19(1): 83-90.

Miljøundersøgelser ved Mestersvig 1996

Asmund, G., F. Riget & P. Johansen 1999.
Faglig rapport fra DMU, nr. 202. 31 pp.

Olieeftersforskning og miljø i Vestgrønland

Boertmann, D. et al. 1998. DMU Temarapport 17/98. 56 pp.

Topografisk Atlas Grønland

Bøcher, J.J. (red.) 2000.
Det kgl. Geografiske Selskab & Kort- og Matrikelstyrelsen.
278 pp.

Grønlands økologi – en grundbog

Born, E.W. & J.J. Bøcher (red.) 1998. Atuaqqiorfik undervisning
431 pp.

Minedrift i Arktis

Elberling, B. 1999. Naturens Verden, 9: 21-33.

Greenland Minex News 2000

Greenland Mineral Exploration Newsletter.
Udgives 2- 4 gange pr. år med aktuelle artikler om råstofemner,
GEUS og Råstofdirektoratet.

Regler for feltarbejde og rapportering vedrørende mineralske råstoffer (excl. kulbrinter) i Grønland

Grønlands Hjemmestyre, Råstofdirektoratet 1999. 33 pp + bilag.

The mineral occurrences of central East Greenland

Harpøth, O. et al. 1986.
Meddelelser om Grønland, Geoscience 17. 139 pp.

Pollution from mining in Greenland – monitoring and mitigation of environmental impacts:

Johansen, P. & G. Asmund 1999.
In: Azcue, J.M. (Ed.). Environmental impacts of mining activities –
emphasis on mitigation and remedial measures. Springer Verlag.
300 pp. 245-262.

Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1998

Johansen, P., G. Asmund & F. Riget 1999.
Faglig rapport fra DMU, nr. 277. 74 pp.

Tungmetaller i tang og musling ved Ivittuut 1998

Johansen, P., F. Riget & G. Asmund 1999.
Faglig rapport fra DMU, nr. 258. 28 pp.

Contaminants in the Greenland Environment

Johansen, P., D.C.G. Muir & R.J. Law (Eds.) 2000.
The Science of the Total Environment 245. 279 pp.

“Naturlig forurening” ved Citronen Fjord i Nordgrønland

Langdal, B., S.M.Jensen, K. Kragh & B. Elberling 1998.
Naturens Verden 2: 61-69.

MAARMORILIK – Et halvt århundrede med bjergværksdrift i Grønland.

Greenex A/S.
T. Lodberg. 133 pp.

Greenland, Intensifying the search

Greenland Supplement 2000 Mining Journal. 16 pp.

Beretning om råstofaktiviteter i Grønland 2000

Råstofdirektoratet - Fællesrådet vedrørende Mineralske Råstoffer
i Grønland 2001. Nuuk. 63 pp.

Diamantfund i Grønland

Schönwandt, H.K. 1997.
GEUS Årsberetning og virksomhedsregnskab for 1996: 67-73.

Environmental regulation of mineral exploration in Greenland

Aastrup, P. & Glahder, C. M. 2001.
In: Olsen, H. K., Lorentzen, L. & Rendal, O. (eds). Mining in
the Arctic. Proceedings of the sixth International Symposium on
mining in the Arctic, Nuuk, Greenland. Balkema Publ. ISBN 90
5809 177 5. 3-9.

Sensitive areas and periods of the Greenland White-fronted Goose in West Greenland

Spring staging and moult as important bottleneck periods
in the annual cycle of the goose subspecies.
Glahder, C. M. 1999. - Ph. D.-thesis, National Environmental
Research Institute, Denmark: 142 pp.

Greenland White-fronted Goose Anser albifrons flavirostris:

Fox, A.D., Norriss, D.W., Wilson, H.J., Merne, O.J., Stroud, D.A.,
Sigfusson, A. and Glahder, C. M. 1999. 130-143.
In: Madsen, J., Craknell, G. & Fox, A.D. (eds.). Goose populations
of the Western Palearctic. A review of status and distribution.
Wetlands International Publ. No. 48, Wetlands International,
Wageningen, The Netherlands, National Environmental Research
Institute, Rönne, Denmark: 344 pp.

Grønlandske gåsebestande - en oversigt.

Boertmann, D. & Glahder, C.M. 1999. - Danmarks Miljøundersø-
gelser, Faglig rapport nr. 276: 59 pp.

Tidligere TEMA-rapporter fra DMU

- 11/1997: En atmosfære med voksende problemer..., luftforureningens historie**
Jes Fenger, 64 sider, Kr. 90,-.
- 12/1997: Reservatnetværk for vandfugle**
Preben Clausen m.fl., 52 sider, Kr. 80,-.
- 13/1997: Næringsstoffer – arealanvendelse og naturgenopretning**
Brian Kronvang m.fl., 40 sider, Kr. 60,-.
- 14/1997: Mikrobiologiske bekæmpelsesmidler i planteproduktion – muligheder og risici**
Niels Bohse Hendriksen m.fl., 28 sider, Kr. 40,-.
- 15/1997: Kemikalier i hverdagen**
Suresh C. Rastogi m.fl., 40 sider, Kr. 60,-.
- 16/1997: Luftkvalitet i danske byer**
Finn Palmgren m.fl., 64 sider, Kr. 90,-.
- 17/1998: Olieeftersforskning og miljø i Vestgrønland**
David Boertmann m.fl., 56 sider, Kr. 80,-.
- 18/1998: Bilisme og miljø – en svær balance**
Mette Jensen m.fl., 48 sider, Kr. 60,-.
- 19/1998: Kemiske stoffer i landbruget**
John Jensen m.fl., 32 sider, Kr. 40,-.
- 20/1998: Naturen og landbruget**
Rasmus Ejrnæs m.fl., 76 sider, Kr. 100,-.
- 21/1998: Skov og skovvandløb**
Nikolai Friberg, 32 sider, Kr. 40,-.
- 22/1998: Hvordan står det til med naturen?**
Michael Stoltze, 76 sider, Kr. 100,-.
- 23/1998: Gensplejede planter**
Christian Damgaard m.fl., 40 sider, Kr. 60,-.
- 24/1999: Danske søer og deres restaurering**
Martin Søndergaard m.fl., 36 sider, Kr. 50,-.
- 25/1999: Tropisk diversitet – skov og mennesker i Ecuador**
Flemming Skov m.fl., 48 sider, Kr. 60,-.
- 26/1999: Bekæmpelsesmidler – anvendelse og spredning i miljøet**
Betty Bügel Mogensen m.fl., 64 sider, Kr. 80,-.
- 27/1999: Giftige alger og algeopblomstninger**
Hanne Kaas m.fl., 64 sider, Kr. 80,-.
- 28/1999: Dyreplankton i danske farvande**
Torkel Gissel Nielsen m.fl., 64 sider, Kr. 80,-.
- 29/1999: Hvor kommer luftforureningen fra?**
Jytte Illerup m.fl., 32 sider, Kr. 40,-.
- 30/1999: Bundmaling til skibe – et miljøproblem**
Signe Foverskov m.fl., 48 sider, Kr. 60,-.
- 31/2000: CO₂ – Hvorfra, hvorfor, hvor meget?**
Jes Fenger, 40 sider, Kr. 40,-.
- 32/2000: Risiko og usikkerhed – miljø og fødevarer**
Hans Løkke, 52 sider, Kr. 50,-.
- 33/2000: De gode, de onde og de grusomme bakterier**
Bjarne Munk Hansen m.fl., 60 sider, Kr. 40,-.
- 34/2000: Planter i vandløb – fortid, nutid og fremtid**
Annette Baattrup-Pedersen, 36 sider, Kr. 40,-.
- 35/2000: Fugle i Tøndermarsken – bestandsudvikling og landbrug**
Lars Maltha Rasmussen m.fl., 50 sider, Kr. 50,-.
- 36/2001: Modeller i miljøkemien - hvad kan de bruges til?**
Patrik Fauser m.fl., 40 sider, Kr. 40,-.
- 37/2001: Borte med blæsten? Modeller til vurdering af luftforurening**
Jørgen Brandt m.fl., 54 sider, Kr. 50,-.

De enkelte hæfter i serien "TEMA-rapport fra DMU" beskriver resultaterne af DMU's forskning inden for et afgrænset område. Rapporterne er skrevet på letforståeligt dansk og henvender sig til alle, der er interesseret i miljø og natur. Serien er udformet så den kan bruges i undervisningen i folkeskolens ældste klasser og i gymnasiet.

Danmarks Miljøundersøgelser

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

Danmarks Miljøundersøgelser

Postboks 358
Frederiksborgvej 399
4000 Roskilde
Tel: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afdeling for Systemanalyse
Afdeling for Atmosfærisk Miljø
Afdeling for Miljøkemi
Afdeling for Havmiljø
Afdeling for Mikrobiologi
Afdeling for Arktisk Miljø

Danmarks Miljøundersøgelser

Postboks 314
Vejløsvej 25
8600 Silkeborg
Tel: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

Afdeling for Terrestrisk Økologi
Afdeling for Sø- og Fjordøkologi
Afdeling for Vandløbsøkologi

Danmarks Miljøundersøgelser

Grenåvej 12, Kalø
8410 Rønne
Tel: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 14

Afdeling for Landskabsøkologi
Afdeling for Kystzoneøkologi

Publikationer:

DMU udgiver temarapporter, faglige rapporter, arbejdsrapporter, tekniske anvisninger, årsberetninger samt et kvartalsvis nyhedsbrev, *DMUnyt*. En database med DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt på: www.dmu.dk

I årsberetningen findes en oversigt over årets publikationer. Årsberetning og *DMUnyt* kan ses på DMU's hjemmeside eller fås gratis ved henvendelse på telefon 46 30 12 00.

Minedrift og miljø i Grønland

Poul Johansen m.fl.

Danmarks Miljøundersøgelser
Miljø- og Energiministeriet



Der har været minedrift i Grønland siden midten af 1800-tallet. Indenfor de seneste 50 år har der været minedrift tre steder i Grønland - i Ivittuut i Sydgrønland, i Mestersvig i Norøstgrønland og i Maarmorilik i Nordvestgrønland. Bly-zinkminen i Maarmorilik lukkede som den sidste i 1990.

Sideløbende med minedriften har forskellige mineselskaber gennemført en omfattende efterforskning efter mineraler i alle dele af det isfrie område af Grønland. Både minedrift og efterforskning påvirker miljøet og dyrelivet i de områder, hvor aktiviteterne finder sted. Tidligere var det ikke noget, man tænkte på - det gør man i dag.



Formålet med denne temarapport er at give et indblik i, hvordan minedriften foregår, hvordan miner og efterforskning påvirker det sårbare grønlandske miljø og hvordan minedrift og efterforskning kan udføres, så miljøet påvirkes mindst muligt.

ISBN 87-7772-636-7 ISSN 0909-8704