

Miljøproblemer i forbindelse med mineraludvinding

HENNING SØRENSEN



Sørensen, H.: Miljøproblemer i forbindelse med mineraludvinding. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1976*, side 107-110. København, 3. januar 1977.

Dommedagsprofetierne om, at Jordens beholdning af mineralske råstoffer vil slippe op i løbet af få tiår, er gået i nogen grad af mode. Derimod vil miljødelæggelse og stigende energiforbrug kunne sætte uoverstigelige grænser. Denne problemkreds belyses, og der gives en oversigt over nogle forskningsprojekter, der skal danne grundlag for en vurdering af den miljøpåvirkning, som en uranbrydning ved Narssaq vil medføre.

Henning Sørensen, Danmarks Geologiske Undersøgelse, Thoravej 31, DK-2400 København NV.

Det erkendes nu fra mange sider, at det næppe vil være den fysiske knaphed på mineralske råstoffer, som vil sætte grænser for menneskets udfoldelsesmuligheder. Uoverstigelige grænser vil derimod kunne sættes af den miljødelæggelse og det stigende energiforbrug, der vil være en følge af brydning af stedse fattigere malme (Abelson & Hammond 1976, Cook 1976).

Man må regne med, at der ved århundredets slutning skal produceres 3-5 gange så meget af de forskellige råstoffer som nu, og det selv om der økonomiseres mest muligt i anvendelsen af råstofferne, og genbrug og substitution sættes i system. Det vil ikke være muligt at dække denne vækst alene ved brydning af mineralforekomster, som dem man udnytter nu. Det bliver nødvendigt at bryde malme med stedse lavere indhold af de forskellige stoffer, til dels i fjerntliggende områder og i dybe miner, samt malme som det er vanskeligt at udvinde de forskellige metaller fra. Der skal således brydes stærkt stigende tonnager, og energiforbruget knyttet til mineraludvinding vil vokse meget kraftigt (Page & Creasy 1975, Hayes 1976). Desuden skal enorme landarealer bruges, ikke blot til selve minerne og de anlæg, hvori malmen skal bearbejdes, men også til transportanlæg og til placering af store affaldsmængder.

Samtidig med at man bryder større mængder af vanskeligt bearbejdelige malme øges den fysiske og kemiske forurening af omgivelserne. Minerne anlagde tidligere i betydeligt omfang simple cost-benefit-betragtninger ved planlæg-

ning af minedrift, dvs. at man undlod at træffe foranstaltninger til begrænsning af forureningen. Minelovene indeholder dog nu i mange lande bestemmelser om, hvad miner og oparbejdningsanlæg må afgive til omgivelserne. Minelovene indeholder også krav om, at der før minedrift sættes igang skal udarbejdes miljøerklæringer, som gør detaljeret rede for de eventuelle konsekvenser af minedrift, ligesom der kan stilles krav om, at alternative udvindingsmetoder undersøges og diskuteres (Carpenter 1976). Miljøundersøgelser er f. eks. i gang i det nordlige Australien og ved Ranstad i Sverige, begge steder for at afgøre, om uranudvinding vil kunne foregå på en miljømæssigt forsvarlig måde.

I visse lande kan der desuden stilles krav om, at der udføres detaljerede undersøgelser af det naturlige miljø før minedriften kan igangsættes med henblik på at fastsætte normer for den tilladte forurening.

Miljøundersøgelser af potentielle mineområder er et nyt vigtigt arbejdsområde, som stiller krav om et vidtgående samarbejde mellem geovidenskabsmænd, økologer, toksikologer, osv.

Kobberudvinding – et eksempel

Udvindingen af kobber er et godt eksempel på den udvikling som er i gang inden for mineindustrien. I begyndelsen af århundredet skulle en kobbermalm have mere end 2-3 % kobber for at kunne udnyttes. Nu brydes malme med helt ned til 0,2 % kobber. De kobbermal-

me, som i dag brydes i USA, har i gennemsnit 0,6 % kobber.

Bogen »The Earth & Human Affairs« giver en beregning af tonnagesforholdene ved brydning af kobbermalm med 0,6 % kobber. For at producere 1 ton rent kobber skal brydes 151,5 t malm og flyttes 362 t sidesten og overjord, hvilket efterlader et hul på ca. 200 m³. Malmen finknuses og kobberminerallerne udskilles, sædvanligvis ved flotation. Denne proces kræver ca. 350 m³ vand, hvoraf dog de totrediedele genvindes. De oprindelige 151,5 t malm er nu opdelt i ca. 3 t kobberkoncentrat, som overvejende består af sulfidmineraller, og 145,5 t kemikalievædet slam, som også indeholder sulfidmineraller. Af tallene fremgår, at nogle få tons materiale er gået tabt under knusningen i form af støv.

Støvet kan give luftforurening og være årsag til sygdomme blandt minearbejderne, som f. eks. silicose. Der er derfor nu strenge krav om, at støvet skal opsamles i filtre.

Slammet, på engelsk »tailings«, skal skaffes af vejen. Man har tidligere i stor stil udledt dette affald til søer, men er nu mere forsigtig, idet det kan give tungmetallforurening og evt. surt vand. Det sidste skyldes, at sulfiderne ved oxidation danner svovlsyre. Der er i mange lande fastsat regler for, hvorledes affaldet deponeres, blandt andet stilles krav om, at slammet skal neutraliseres ved tilsætning af kalk eller læsket kalk.

Det fremgår af det ovenstående, at der udledes ca. 100 m³ spildevand pr. produceret ton kobber. Også dette vand er der fastsat normer for; i Ontario skal det f. eks. pr. liter indeholde mindre end 1 mg kobber + bly + zink + nikkel og mindre end 15 mg suspenderet materiale, pH skal ligge mellem 5,5 og 10,6.

Kobberkoncentratet renses i smelteværker, hvor svovlet og andre urenheder brændes af. For hvert ton produceret kobber dannes ca. 2 t SO₂ (eller 3 t svovlsyre), kuldioxid og andre affaldsprodukter. Desuden dannes 1,8 t slagge.

Gassen fra smelteværkerne blev tidligere ledt urenset ud i omgivelserne. Resultatet var sur nedbør, tungmetallforurening, arsenforurening, m. v. Planter og træer blev dræbt, og når de forsvandt, skyllede nedbøren jorden

væk, så nøgne klipper stod tilbage. Et sådant spøgelseslandskab ses f. eks. omkring kobbernikkel-minerne ved Sudbury i Ontario. Nu skal røggassen renses, det sker i Sudbury bl. a. i en 380 m høj skorsten, og planterne er ved at vende tilbage, evt. efter at der er fyldt ny jord på klipperne.

Kobberet renses til sidst elektrolytisk, samtidig med at indhold af guld, sølv m. v. udvindes.

De ovennævnte tal, ca. 350 t fast affald, ca. 100 m³ forurenede vand, ca. 150 t slam og 3 t svovlsyre for hvert ton produceret kobber er foruroligende i sig selv, men der produceres nu 7–8 millioner tons kobber om året, så forureningsproblemerne ses at være overvældende.

I en af verdens største kobberminer, Bingham i Utah, brydes ca. 100.000 t malm og mere end 200.000 t sidesten og overjord pr. dag. Minehullet måler ca. 3,3 × 2,5 km, er 0,75 km dybt, og mere end 4 milliarder t materialer er brudt til nu. Kobbermineindustrien er den metalmineindustri, som bryder de største tonnager, den overgår endog jernminerne. Og det til trods for, at der brydes mere end 800 millioner t jernmalm om året, men vel at mærke malm med mere end 25 % jern.

Energiforbruget ved mineraludvinding – total minedrift

Udvinding af 1 ton kobber fra en malm med et indhold på 0,6 % kobber, kræver energimængder svarende til 3–4 t stenkul (Page & Creasy 1975, Hayes 1976). Ved et kobberindhold på 0,2 % kræves energi svarende til ca. 7 t kul, idet der skal brydes ca. 500 t malm pr. ton kobber. For malme med mindre end 0,2 % kobber vokser energiforbruget meget kraftigt med aftagende malmlødhed. Hvis der i år 2000 skal udvindes tre gange så meget kobber som nu, dvs. mere end 20 mill. t kobber om året, synes miljøproblemerne på forhånd at være uovervindelige, ikke mindst hvis det bliver nødvendigt at udvinde kobber, såvelsom andre metaller, fra fattige malme.

Disse store miljøindgreb og energiforbrug vil formentlig gøre det nødvendigt at indføre en ny form for minedrift, som man kunne kalde *totalminedrift*. I denne form for minedrift udvindes så mange af malmens

grundstoffer som muligt og affaldet bruges som fyldmaterialer, byggematerialer osv. Det sidste er ikke nogen utopisk tanke, idet mange landes forekomster af grus, sand og ler er ved at slippe op.

Uranforekomsten ved Ranstad

Alunskiferen ved Ranstad i Billingen-området i Väster Götland er et eksempel på en meget fattig malm. Den uranrigeste del af skiferen er ca. 3 m tyk og indeholder 0,03 % uran. Der skønnes at være ca. 1 million t uran i dette skiferområde, hvoraf ca. 350.000 t vil kunne udvindes. Man er ved at planlægge en mine, som skal producere 1275 t uran om året svarende til brydning af 6 millioner t skifer.

Der skal brydes 17.000 t skifer om dagen. Hertil skal bruges 6.000 m³ vand, hvoraf en betydelig del genvindes, 1000 t svovlsyre og 2.000 t kalk. Kalken benyttes til at stabilisere affaldet og det vand, som ledes væk fra udvindingsanlægget. Der vil blive produceret 3–4 t uran pr. dag og en affaldsmængde, der fylder mere end 8.000 m³. Affaldet består af den knuste skifer, som er tilbage, efter at uranet er trukket ud. Der regnes med et udbytte på ca. 80 %, affaldet har altså ca. 20 % uran. Desuden indeholder affaldet svovlkis, som ved forvitring giver svovlsyre. Dette er årsagen til, at der skal tilsættes kalk til affaldet. Udludningen af uran af skiferen sker iøvrigt ved hjælp af svovlsyre. Restopløsningen neutraliseres også med kalk. Det derved dannede slam vil fylde mere end 3000 m³ pr. dag.

Svovlsyren skal fremstilles på stedet, hvilket vil give en luftforurening på 5 t SO₂ pr. døgn (svarende til 30.000–40.000 oliefyrede enfamiliehusets afgivelse af SO₂). På længere sigt vil svovlsyren evt. kunne fremstilles af skiferens pyrit, idet de 6 millioner t skifer, som brydes pr. år, indeholder små 400.000 t svovl.

Uranudvindingen ved Ranstad vil, selv om den hovedsagelig skal ske i underjordiske skakter, betyde meget store indgreb i et landskab, som har meget stor rekreativ værdi. Der er derfor lokal modstand mod projektet. Omfattende miljøundersøgelser har været gennemført i de seneste år, og en miljøudredning er under udarbejdelse. Det er endnu usikkert om brydning vil blive tilladt.

Miljøforureningen vil kunne begrænsen væ-

sentligt, såfremt der indføres totalminedrift. Det vil f. eks. være muligt at udvinde metallerne molybdæn, aluminium, vanadin, chrom, kobber og nikkel. Skiferen har en brændværdi på 1800–1900 kcal/kg. De 6 millioner t skifer, som skal brydes pr. år, indeholder en mængde kulstof på 815.000 t, som tænkes anvendt til fremstilling af energi. Som nævnt vil også svovl kunne udvindes. Affaldet vil kunne anvendes i vejfyld, byggematerialer, m. v., idet dog uranindholdet vil sætte en grænse for anvendeligheden.

Litteraturlisten giver oplysninger om litteratur vedrørende denne forekomst.

Narssaq-projektet

Som nævnt vil det i stigende grad blive nødvendigt at foretage meget omfattende miljøundersøgelser i god tid før tilladelse til minedrift bliver givet. Sådanne undersøgelser blev indledt i området omkring uranforekomsten ved Kvanefjeld i beskedent omfang i 1965. Et omfattende program blev igangsat i 1974.

Kvanefjeldsmalmen er fattig med et gennemsnitsindhold på 0,03 % uran, men med interessante indhold af en lang række sjældne metaller. En økonomisk udvinding af uran i Kvanefjeldsforekomsten ser i øjeblikket ud til at kræve brydning af tonnager af samme størrelsesorden som ved Ranstad. De i 1974 indledte miljøundersøgelser udføres af Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd og Grønlands Geologiske Undersøgelse samt flere institutter ved Københavns Universitet og Landbohøjskolen. Det såkaldte Narssaq projekt har som formål at beskrive tilstanden i det naturlige miljø, både omkring Kvanefjeld og i det sydfor liggende Kangerdluarssuk-område, hvor man formentlig på et eller andet tidspunkt vil kunne indlede udvinding af zirconium af mineralet eudialyt. Feltundersøgelserne har løbet i somrene 1974, 75 og 76, og resultaterne af den meget omfattende indsamling af data er nu under bearbejdelse. På grundlag af disse resultater skulle det være muligt at fastsætte normer for den tilladelige påvirkning af det naturlige miljø i området i forbindelse med minedrift. Derudover har Narssaq projektet det formål at beskrive de geokemiske og biogeokemiske forhold af en lang række sjældne grundstoffer i et arktisk miljø. Til det

formål er taget prøver af alle dele af det naturlige system i et samarbejde mellem geologer og økologer. De foreløbige resultater viser, at miljøet allerede har et betydeligt indhold af de sjældne grundstoffer, som præger bjergarterne i området.

Fremtiden

Mineralforekomster er en integreret del af det naturlige miljø. Minedrift medfører derfor uundgåeligt indgreb i miljøet, hvilket i stigende grad vil bringe minedrift i konflikt med andre samfundshensyn, herunder fredningsinteresser. Jo tættere jordkloden bliver beboet og udnyttet, desto større konflikter.

Det er en ubestridelig kendsgerning at mineralforekomster er ufornyelige dannelser, som må udnyttes der hvor de nu engang er placeret af geologiske processer. Derimod kan det naturlige miljø fornyes. Afvejningen af dette forhold vil blive et vigtigt led i al fremtidig planlægning af landudnyttelse.

Endnu en konsekvens af mineralforekomsters ufornyelighed skal påpeges til slut. De rige landes vækst er i stort omfang sket ved udvinding af mineraler i underudviklede lande. Man har herved forringet disse landes muligheder for at opnå en højere levestandard, idet en del af grundlaget for opbygning af industri er fjernet (Sørensen 1974/75, 1975/76). Værre endnu, vor generation er også ved at berøve vore efterkommere vigtige ressourcer. Dette ses særlig tydeligt hvad angår olie og naturgas som, hvis forbruget fortsætter som nu, vil være udtømte i løbet af få generationer. Det er ved at være tidspunktet, da konservering af mineraler for vore efterkommere bør overvejes.

(Foredrag i Dansk Geologisk Forening 29. maj, Århus)

- Page, N. J. & Creasey, S. C. 1975: Ore grade, metal production and energy. *Journ. of Research of the U.S. Geol. Surv.* 3(1), 9-14.
- Sørensen, H. 1974/75: Mineralforbruget fordobles i løbet af 10-20 år. *Kontakt 1974/75* nr. 7, 22-25.
- Sørensen, H. 1975/76: Hvad vil udnyttelsen af havenes råstoffer betyde? *Kontakt 1975/76* nr. 3, 15-19.

Litteratur om uranforekomsten ved Ranstad:

- Andersson, A. & Olsson, G. 1975: Uranium recovery from Swedish low grade bituminous shales. *Nuclear Eng. Int.*, February 1975, 103-105.
- Edling, B. 1974: Uranfördelningen i överkambrisk alunskifer från Ranstad. *Publ. paleont. Inst. Uppsala*, Spec. Vol. 2.
- Peterson, A. 1967: Ranstad - a new uranium processing plant. *Processing of Low Grade Uranium Ores*, IAEA, Wien, 193-209.
- A/B Atomenergi: *Ranstadverket*. Rapport 1966.
- A/B Atomenergi: *Uranur svensk skiffer*. Utredning. Sept. 1968.
- Lindeberg, S. 1976: Kärnkraft i kris - exemplet Ranstad. *Natur och Samhälle* 2(3), 3-31. Lund.
- LKAB: *Ranstad 75. En anläggning för produktion av uran till svenska kärnreaktorer*.

- Abelson, P. H. & Hammond, A. L. 1976: The new world of materials. *Science* 191, 633-636.
- Carpenter, R. A. 1976: Tensions between materials and environmental quality. *Science*, 191, 665-668.
- Committee on Geological Sciences 1972: *The Earth & Human Affairs*. Canfield Press, San Francisco, 142 sider.
- Cook, E. 1976: Limits to the exploitation of nonrenewable resources. *Science* 191, 677-682.
- Hayes, E. T. 1976: Energy implications of materials processing. *Science* 191, 661-665.