

# KAPITEL 23



**FIGUR 190.** Borerig i underjordisk mine. Shutterstock.



# HVAD SKER DER I EN MINE?

## **MINEDRIFT – FØRSTE LED I VÆRDIKÆDERNE FOR MINERALSKE RÅSTOFFER**

Miner udvinder mineraler (mineralske råstoffer) og er dermed første led i de lange forsyningskæder, som forsyner samfundet med alle de råstoffer, som ikke kan dyrkes (fx træ, bomuld og fødevarer). Uden mineralske råstoffer kan samfundet ikke opretholdes i sin nuværende form.

## **ÅBNE- OG UNDERJORDISKE MINER**

Minerne bryder og forarbejder de bjergarter, der indeholder de efterspurgte mineraler. De to mest almindelige typer af miner er:

- Åbne miner hvor bjergarterne brydes fra overfladen (figur 191. a).
- Underjordisk minedrift hvor hele produktionen foregår nede i jorden, og der udsprænges gange og rum (figur 191. b).

Forskellige forhold bestemmer, om brydning skal ske fra en åben eller en underjordisk mine. Mest afgørende for dette valg er malmens rumlige form, og hvor dybt under overfladen den ligger. Er malmen fx cigarformet, men ligger nogenlunde horisontalt og tæt på overfladen, kan den måske brydes i en

åben mine; men er den cigarformet og ligger dybt, eller står den næsten vertikalt, vil det ofte være nødvendigt at bryde malmen i en underjordisk mine.

Da det er billigere at bryde malm i åbne miner, vil selskaberne altid vælge denne type, hvis det er muligt. Det koster mere at bryde i underjordiske miner, fordi det involverer et omfattende anlægsarbejde; der skal bygges skakter med elevatorer til at transportere malmen op, samt til at få udstyr og minearbejdere op og ned. I mange tilfælde skal der laves særlige konstruktioner for at sikre, at minegangene ikke styrter sammen. Mange underjordiske miner er så store, at der er etableret veje til biler og store arbejdsmaskiner, og der kan være flere kilometer fra det sted, hvor malmen brydes og hen til skakten, hvor malmen bliver hejst op. Nede i minen er der også installeret strøm, vand og udluftning, samt værksteder og frokostрум. I moderne miner er risikoen for ulykker ikke meget større end på en almindelig byggeplads. Men der findes i tusindvis af småskalaminer rundt omkring i verden, hvor folk uden teknisk viden arbejder under livsfarlige forhold og med mange dødsulykker hvert år.



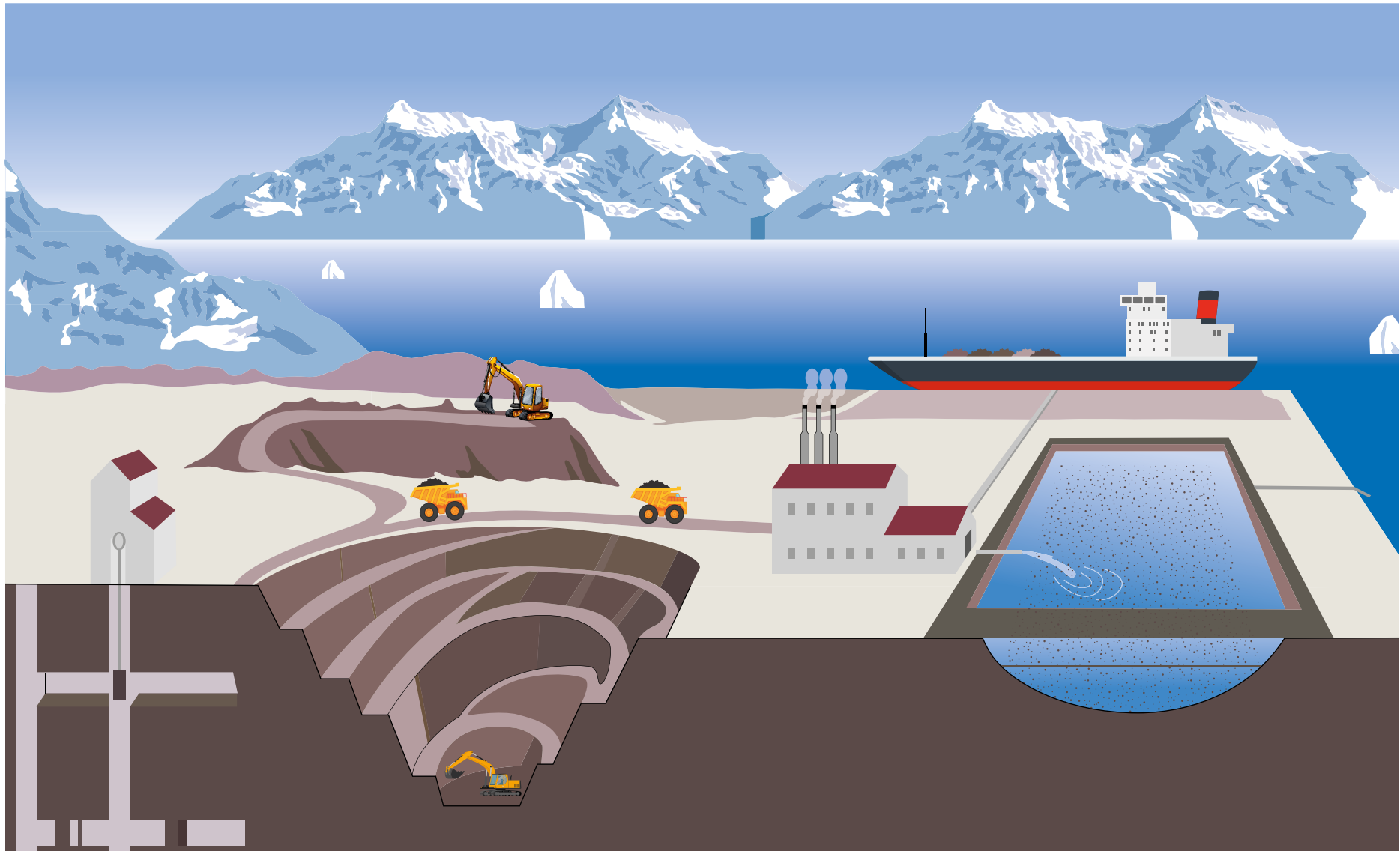
**FIGUR 191.** Typer af miner.

**A.** Åben mine.

**B.** Underjordisk mine.

Fotos fra Shutterstock.

**FIGUR 192.** Principperne for processerne i en mine. Først brydes malmen i minen, som kan være en åben mine, svarende til en grusgrav, eller en underjordisk mine. Den udspærngte malm transporteres fra minen op til fabrikken, hvor de ønskede mineraler sorteres fra de andre. De udsorterede mineraler udskibes og sendes til en anden fabrik, som kan omdanne mineralerne til råstoffer. De to restprodukter, gråbjerg og tailings, bør deponeres forsvarligt ved minen. Af GEUS (2019).



Almindeligvis er åbne miner ikke dybere end et par hundrede meter, men der er adskillige undtagelser.

Den dybeste åbne mine er Bingham Canyon-kobberminen i USA, som er 1,2 km dyb og ca. 4 km bred. De underjordiske miner ligger sjældent dybere end 1-2 km. De dybeste miner er nogle guldminer i Sydafrika, hvor den dybeste er Mponeng-minen, som når ned i 3,8 km's dybde. Det er teknisk vanskeligt at lave minerne dybere på grund af stigende temperaturer i minegangene og meget højt tryk på bjergarterne, som gør brydningen dyr, langsom og usikker.

Etablering af nye åbne miner møder ofte en del folkelig modstand, da åbne miner efterlader store, åbne huller i landskabet, og begge typer miner efterlader store mængder af gråbjerg, der er det materiale, som ikke kan brydes. Nogle miner har opereret ved at sprænge hele bjergtoppe væk, noget som altid sætter et vist præg på landskabet. Modstanden kan også skyldes befolkningens bekymring for støv-, støj- og miljøpåvirkninger.

De danske grusgrave er en variant af åbne miner. Her skal råstofferne ikke sprænges

ud, de består af sand og grus og kan derfor 'brydes' med gravemaskiner. Det er ikke kun sand og grus, som kan graves ud, samme metode bruges mange steder til brydning af fx guld, tin, diamanter og smykkesten, som ofte findes i sedimenter.

### IN-SITU MINER

I enkelte tilfælde kan minedrift benytte en tredje metode, in-situ-metoden (in-situ betyder 'på stedet'). Ved denne minetype pumper mineselskabet væsker ned i undergrunden, som kan opløse malmminerale. Efterfølgende kan opløsningerne suges op og behandles, så de opløste mineraler udfældes. Metoden kan kun anvendes, hvis malmen ligger imellem uigennemtrængelige (impermeable) lag, som ikke tillader væsken at sive væk, og hvis mineralerne kan opløses af den væske, der pumpes ned. Metoden er især kendt fra uranforekomster i Rusland og Kasakhstan. Men i princippet er det samme metode, der bruges til at producere salt fra de danske salt diapirer.

### BRYDNING AF MALMEN

I princippet er der ikke de store forskelle på

de arbejdsstrin, der udføres i åbne og underjordiske miner. I begge tilfælde er der fem arbejdsstrin.

### Første trin – udsprængning

Malmen skal sprænges ud. Derfor bores der sprænghuller, som lades med sprængmidler. Når der sprænges bliver malmen frigjort fra fjeldet i store stykker. I åbne miner kan det være flere tusinde ton bjerg, der sprænges; de udsprængte stykker malm kan veje flere hundrede kilo (figur 193. a).

### Andet trin – transport

Transport af den udsprængte malm til knuseværket. I de underjordiske miner køres den udsprængte malm til en skakt, hvorfra den bliver hejst op til overfladen, hvor knuseværket står. I de åbne miner skal sprængstykkerne typisk køres op ad en lang spiralsnoet vej, som går langs minens sider, til et knuseværk på overfladen; for store åbne miner er transportvejen ofte mange kilometer. Under brydningen bliver der også udsprængt en del bjergarter, som indeholder for lidt af de ønskede mineraler; denne mængde omtales ofte som 'gråbjerg' og skal også transporteres væk fra minen (figur 193. b), hvor det deponeres i særlige områder.





**FIGUR 193.** Minedrift i billeder.

**A.** Boring af sprænghuller i en underjordisk mine. Geologerne har markeret, hvor der skal bores.

**B.** Udlastning af sprængt malm med speciel lav gummiged i en underjordisk guldmine.

**C.** Knuser til behandling af udsprængt malm. Malmen kommer ind i åbningen øverst og føres ned gennem en stor knuser. Den knuste malm kommer ud i bunden og føres til et anlæg, som sorterer malmmineralerne fra de øvrige mineraler.

**D.** Efter malmen er knust bliver malmmineralerne sorteret fra de øvrige mineraler i store anlæg, som kan behandle tusinder ton i døgnet, og som kører året rundt.

**E.** Transport af jernmalmkoncentrat fra en jernmine i Australien til en havn og derfra videre til et stålværk.

Fotos fra Shutterstock.

### Tredje trin – knusning

For at kunne bruge malmminerallerne, skal malmen (bjergarten) knuses til kornstørrelser svarende til finkornet sand, så de enkelte malmmineralkorn er ikke helt 'rene' selvstændige mineralkorn, men sidder sammen med andre mineraler. Kun hvis malmen er knust, vil separationen i trin 4 (separation) fungere (figur 193. c).

### Fjerde trin – separation

Malmminerallerne skal separeres fra de andre mineraler i bjergarten, som ikke har økonomisk værdi. Der bruges mange forskellige metoder til dette formål, men de fleste metoder er baseret på forskelle i mineralernes densitet, magnetiske eller kemiske egenskaber. Det produkt, der fremstilles ved separationen, betegnes mineralkoncentrat, og er det produkt som ejerne af minerne sælger. Den del af den knuste malm, og som ikke har værdi, benævnt tailings, bliver deponeret enten nede i minen eller i store bassiner i nærheden af minen (figur 193. d).

### Femte trin – transport af mineralkoncentratet

I langt de fleste tilfælde skal mineralkoncentratet transporteres fra minen til en fabrik,

som skal få de ønskede grundstoffer ud af malmminerallerne. De miner som producerer fx jern skal transportere millioner af ton mineralkoncentrat hvert år (mineralkoncentratet af jern omtales jernmalm, også selvom det faktisk allerede er knust). Store mængder mineralkoncentrat transporteres, hvor det er muligt, typisk med jernbane eller skib, da det er billigst. Guld- og diamantminer har kun meget små produktioner, som næsten ikke skal forarbejdes yderligere, og derfor foregår transporten primært med bil eller fly/helikopter, idet sikring mod tyveri under transporten er deres største udfordring.

Det er geologerne som finder malmen og beregner, hvor meget der er, mens det er mineingeniørerne udarbejder planer for, hvordan malmen skal brydes, og hvilke metoder der skal bruges for at fremstille mineralkoncentratet. Der arbejdes efter flerårige planer for udviklingen af minen, som skal omfatte både hensyn til sikkerhed, at malmen indeholder den forventede mængde metaller, samtidig med, at der skal tages hensyn til, at så meget som muligt af malmen kan blive brudt.

### GRÅBJERG

Gråbjerget, som ikke indeholder tilstrækkeligt med malmmineraller, men som ligger i vejen for at mineselskabet kan komme frem til malmen, skal transporteres til særlige områder, hvor det deponeres i nærheden af minen. Disse gråbjergspladser skal være sikre i forhold til både mennesker og miljø, da gråbjerg kan indeholde sulfidmineraller, som kan opløses af nedbør og føre til udvaskning af surt vand.

### TAILINGS

Under fremstillingen af mineralkoncentratet fremkommer en stor restfraktion bestående af alle de uønskede mineraler. Denne del er uden værdi for mineselskabet og kaldes tailings (der findes ikke et dansk ord). Tailings deponeres typisk i bassiner så tæt på minen som muligt. I nogle miner, fx guldminer, udgør mineralkoncentratet kun en forsvindende lille del af den brudte mængde, og volumen af tailings er derfor næsten lige så stor som den mængde bjergart, der er udsprængt eller gravet op af jorden. I andre tilfælde, fx for jernmalm, udgør tailings som regel 'kun' omkring 70 % af den udsprængte





**FIGUR 194.** Minedrift i billeder.

**A.** Skib lastes med jernmalm i Narvik, Norge. Malmen er kommet med tog fra Kiruna, Sverige.



**B.** Ashcroft-kobberminen i British Colombia, Canada. Udpumpning af tailingsmudder til et tailingsbassin, som langsomt afvandes. Tailings bliver deponeret her, og derfor er det vigtigt, at det både fysisk og kemisk er et stabilt miljø, så stoffer fra muddret ikke forurener floder, grundvand og natur i området.

**C.** Den underjordiske jernmine i det nordlige Sverige ligger nu inde under byen Kiruna. Der er fortsat malm til mange års produktion, og da minen på mange måder er en forudsætning for byens eksistens, har man valgt at flytte byen. Fotos fra Shutterstock.



mængde. Uanset mængden af tailings udgør deponering af tailings en miljørisiko. I Brasilien døde flere hundrede mennesker i januar 2019, fordi dæmningen til et tailingsbassin brød sammen, og den vandmættede tailing skyllede ind over beboelse og infrastruktur i et område på flere kilometer. I nogle tilfælde kan tailings indeholde rester af de kemikalier, som er brugt til at processere malmen. Når en mine ophører, og der ryddes op efter minedriften, er det almindeligt at tilplante toppen af tailingsbassinet. I andre tilfælde kan tailings og gråbjerg transporteres tilbage i minen, og kan, hvis det er en åben mine, bidrage til at restaurere landskabet. En mines levetid er altid begrænset.

I modsætning til normale fabrikker og virksomheder er et af grundvilkårene ved minedrift, at malmen en dag er brudt, og minen må lukke. Men når man laver en ny mine, er det ikke kun en mine, der bliver etableret. Der bliver ofte også bygget en fabrik, som kan omdanne minens malm til mineralkoncentrat, minens produkt. Der bliver typisk også lavet infrastruktur i form af kraftværker, vandforsyning, veje, havne, landingsbaner og måske endda boliger, skoler og hospitaler til de ansatte og omegnens befolkning.

Derfor interesserer både myndigheder og mineselskaber sig meget for, hvor mange år produktionen kan forventes at vare.

Mineindustrien bruger begrebet 'minens levetid', som er bestemt af forholdet mellem reservens størrelse og den mængde malm, der brydes hvert år. Hvis reserven er 1 mio. ton, og der brydes 50.000 ton om året, er levetiden 20 år. Da både reservens størrelse og den årlige produktion kan ændre sig, er levetiden dynamisk. Typisk bliver levetiden betydeligt længere end først antaget, fordi mineselskaberne i første omgang måske er meget konservative i deres estimat af, hvad minen vil kunne producere, men også fordi mineselskaberne løbende foretager yderligere mineralefterforskning omkring minen for at finde mere malm. Hvis det lykkes, forlænges minens levetid. Mere malm og lange levetider giver mineselskabet den største økonomiske gevinst. Som regel støttes målsætningen om at forlænge miners levetid aktivt af myndighederne, fordi de ønsker at bevare arbejdspladser i minebyerne. Når en mine lukker, betyder det ofte, at hele samfund lukker ned.

Der er eksempler på miner med mere end

100 års produktion, som stadig bryder malm. Det gælder 'Grand Canyon of the North'-jernminen i Minnesota, USA, som startede i 1895, og som har produceret mere end 800 mio. ton jernmalmkoncentrat. Et andet eksempel er den underjordiske jernmine i Kiruna i Nordsverige, som åbnede i 1898 og stadig er i produktion. Minen ligger nu under byen Kiruna. Flere gange har man valgt at flytte hele byen, for at minen kunne få mulighed for at fortsætte med at bryde. Da de omtalte miner startede, ville ingen have gættet på en levetid på mere end 125 år (figur 194. c). Et tredje eksempel er kryolitminen ved Ivittuut i Vestgrønland, som bl.a. producerede 3,7 mio. ton kryolit fra 1854 til 1987. Da denne mine startede, var der nok ingen, der overhovedet tænkte på at beregne en forventet levetid for minen.

Der er også mange eksempler på, at miner må lukke, inden de har nået deres beregnede levetid, fordi de ikke længere vurderes økonomiske. Dette gælder fx for de to grønlandske, nu lukkede miner, Marmorilik eller Den Sorte Engel i Vestgrønland og Blyklippen i Østgrønland. Begge har givet anledning til diskussioner om, i hvilket omfang de stadig påvirker miljøet. Tilsvarende lukkede mange

af de engelske kulminer i 1980'erne, da olie og gas var billigere alternativer. Surt vand fra disse miner påvirker stadig grundvandet mange steder. På verdensplan er der i tusindvis af forladte, lukkede miner, hvoraf måske de fleste er lukket hurtigt og uden at der er foretaget miljø- og sikkerhedsmæssige foranstaltninger, ofte med store miljødelæggelser til følge. I den vestlige verden skal mineselskaber i dag, inden de åbner, give bankgarantier, som skal sikre, at myndighederne kan lukke minen forsvarligt ned, hvis mineselskabet ikke er i stand til at gøre det selv.

### MANGE FORSKELLIGE SPECIALISTER I EN MINE

Minedrift kan ligesom andre store virksomheder kun fungere, hvis de har de rette folk, typisk specialister, ansat. Minearbejderne, som er den største gruppe, har uddannelse i at betjene minens maskiner. Som regel har miner også ansat mineingeniører, som er specialiseret i brydningsmetoder, eller i hvordan malmen skal behandles, så malmmineralerne kan adskilles fra de ikke-økonomiske mineraler. Der er ofte også ansat laboranter og biologer til at monitorere minens påvirkning på miljøet. Geologer spiller en



vigtig rolle i en mine; dels skal de kunne lave 3D-modeller af malmen, så brydningen kan gå i den rigtige retning, dels skal de beregne, hvor meget malm der er tilbage i minen og bestemme lødigheder. Herudover er det geologernes arbejde at lave mineralefterforskning i området, hvilket kan være med til at forlænge minens levetid.

Mange af funktionerne i minen har i lighed med andre store industrivirksomheder brug for håndværkere som elektrikere, mekanikere, VVS-installatører, datateknikere o.lign. Herudover er der ansat servicemedarbejdere, som arbejder i kantiner, indkvarteringer og i nogle tilfælde på landingsbaner, ved jernbaner og havneanlæg.

### **Behandling af mineralkoncentrater**

Mineralkoncentrater skal i de fleste tilfælde forarbejdes yderligere for at udtrække fx kobber fra kobberminerale, jern fra jernminerale osv., inden metallerne kan bruges industrielt. Dette foregår i smelteværker, som er specialiseret i at behandle mineralkoncentrater af kobber, jern, zink osv. Disse fabrikker ligger ofte i andre verdensdele end hvor de er brudt, og derfor er skibstransport af mineralkoncentrater (malme) og efter-

følgende halvfabrikata et vigtigt element i værdikæden for mineralske råvarer, inden næste led frem mod de produkter vi som forbrugere efterspørger i vores dagligdag.

### **NØGLEBEGREBER**

- De tre minetyper: Underjordisk mine, åben mine og in-situ mine
- Brydning af malm, de fem arbejdsstrin
- Malm
- Mineralkoncentrat
- Tailings
- Gråbjerg
- Miners levetid