

Nye aldersdateringer forteller den

GEOLOGISKE

Vi kjenner den gamle gruehistorien gjennom gamle dokumenter. Nå kjenner vi også den malmgeologiske historien etter å ha tatt i bruk ny teknologi.



Foto: Bernhard Bingen

Schännings gruve ligger rett over et 600 m høyt stup over Ørsdalen. Gruven ble drevet på molybden frem til 1950.



Foto: Bernhard Bingen

Holly Stein setter pris på de flotte turmulighetene på Knabenvidda.

HISTORIEN

I all leting etter geologiske ressurser er det nødvendig å utvikle en geologisk modell som forteller hvordan ressursen har blitt dannet. Dette gjelder selvfølgelig også leting etter metaller.

Dannelsesmodellene for malmforekomster må sees i lys av geologiske tid. Hvis vi kan bestemme bergartenes alder så vel som mineraliseringens alder (altså det tidspunktet da malmen ble dannet), vil det også være mulig å rekonstruere den geologiske historien. Som oftest har denne historien regional betydning, slik at den også gir et rammeverk for hvordan gruveselskapene skal lete etter lignende forekomster. Knaben-distriktet, med fine blotninger og mange menneskelige inngrep som følge av gruedriften, gir oss et perfekt utgangspunkt for å sammenholde geologiske observasjoner i felten med aldersdateringer i laboratoriet (geokronologi).

I det siste tiåret har geokronologi revolusjonert malmletingen, og den såkalte *Re-Os-metoden* har drevet denne utviklingen. Det gjelder letingen etter molybdenitt, men også andre verdifulle mineraler som kobberkis (CuFeS_2), svovelkis (FeS) og arsenopyritt (FeAsS). Før metoden ble tatt i bruk, måtte geologene benytte andre metoder, for eksempel uran-bly-metoden. Den ga imidlertid kun alder på bergarten, og ikke på selve malmen som ofte er dannet senere og gjennom andre geologiske prosesser. Ved å benytte en kombinasjon av disse metodene, har det for første gang vært mulig å datere både bergarten og malmen og dermed rekonstruere den fulle geologiske historien.

ET GODT PARTNERSKAP

Gjennom et strategisk samarbeid mellom Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Colorado State University har en gruppe geologer undersøkt en rekke molybdenforekomster i Sør-Norge. De to institusjonene har kombinert den amerikanske ekspertisen på datering med vår forståelse av den regio-

nale geologiske utviklingen. Sammen med lange dager i felt har dette vist seg å være svært fruktbart.

Det var amerikanerne som var de førte til å anvende den nye dateringsmetoden på sulfidmineraler. De har studert alle typer malmer i 60 land. Samarbeidet med NGU skyldes et stipend (U.S. State Department Fulbright Research Fellowship) som en av forfatterne fikk i 2000.

Prøver ble analysert fra en mengde forskjellige kjente molybdenforekomster i Agder-fylkene: Gursli, Sira, Ørdsdalen, Kvinesdal, Vordal, Flottorp, Vårdal, og selvfølgelig Knaben.

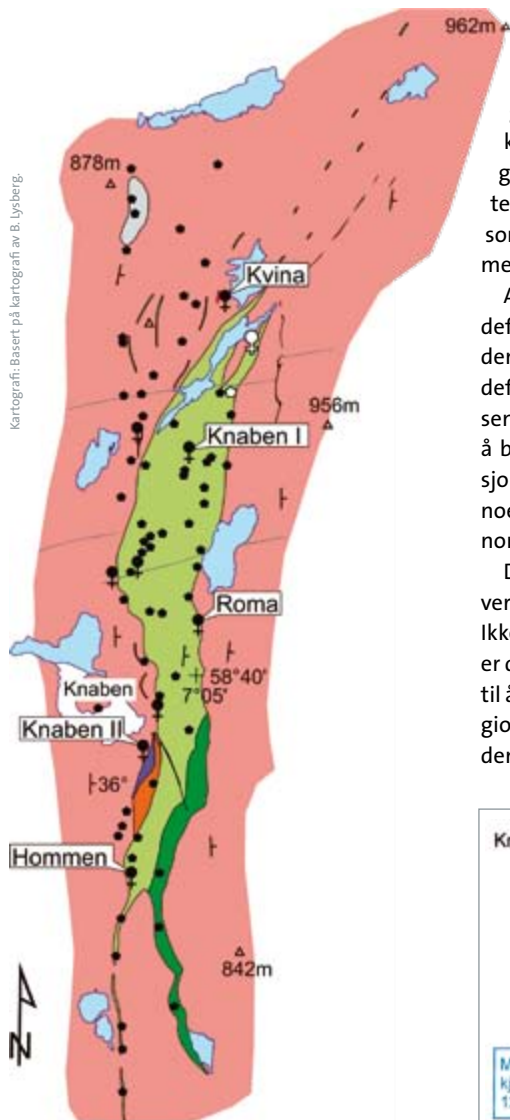
For feltgeologen var Gursli den mest sjarmerende plassen. Her går vi langs et vann hvor informasjonsplakater beskriver gruehistorien, og hvor vi kan se rester etter gruedriften. Beliggende på toppen av en 600 m høy klippe er imidlertid Ørdsdalen den mest spektakulære og vanskeligst tilgjengelige forekomsten. Kvinesdal, som ligger gjemt dypt inne i skogen, var vanskeligst å finne. Knaben-området har uten tvil den best bevarte kulturhistorien.

RESULTATER – DET STORE BILDET

Etter fem år med felt- og laboratoriearbeid har vi fått et godt bilde av den geologiske utviklingen av molybdenforekomstene i Agder. Vi har gjort mer enn 50 dateringer basert på prøver fra 14 gruver. Samtidig er også bergartene rundt datert.

Molybdenforekomstene i Agder er alle forskjellige, men vi har oppdaget at de har tre likhetstrekk: De ligger alle i en gneis med et varierende innhold av sulfidmineraler, de er gjennomskåret av ganger (pegmatitt, granitt eller kvarts), og de er alle omdannet og deformert.

Vi har funnet ut at molybdenmalmen har en alder på mellom 1022 og 917 millioner år. De er altså alle dannet under den svekonorvegiske fjellkjedefoldningen som påvirket hele Sør-Norge for ca. en milliard år siden.



Kartografi: Basert på kartografi av B. Lysberg.

Malkroppen i Knaben II (kalt "Grå gangfjell" av gruvearbeiderne) ligger i en grå gneis som er gjennomskjært av ganger, men den ligger også i direkte kontakt med en granittintrusjon ("Rød granitt"). Våre dateringer viser at granitten er dannet samtidig med malmen, noe som indikerer at det er en sammenheng mellom granitten og malmens dannelse.

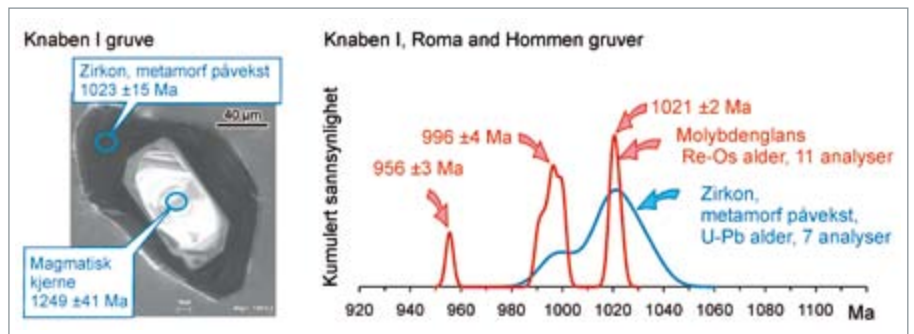
Alle molybdenforekomstene i Agder er deformert og parallele med foliasjonen i den omkringliggende gneisen. Det betyr at deformasjonen skjedde etter maldannelsen, og derfor kan malmens alder brukes til å bestemme maksimumalder for deformasjonen i Sør-Norge. Vi har altså også lært noe om utviklingen av grunnfjellet gjennom disse undersøkelsene.

Den nye typen geokronologi gir oss et verktøy for å finne ut når malmen er dannet. Ikke bare forteller den om hvordan malmen er dannet, men den gir oss også muligheten til å sette dannelsen av malmene inn i en regional utvikling. Dermed kan vi bedre forstå den geologiske utviklingen av Sør-Norge.

Re-Os kronometeret tar utgangspunkt i nedbrytningen av de to grunnstoffene rhenium (^{187}Re) til osmium (^{187}Os). Nedbrytningshastigheten for disse er kjent.: 41,6 milliarder år er nødvendig til å halvere mengde ^{187}Re . Dette tilsvarer ti ganger Jordens alder.

Konsentrasjonen av disse elementene i jordskorpen er jevnt over lav (mindre enn 0,000001%), men i sulfidmalmer finnes de i "større" mengder. Krystaller i molybdenitt skiller seg i tillegg ut ved at de kan dateres direkte. Årsaken er at dette mineralet er det eneste hvor det forekommer relativt mye rhenium uten at osmium er til stede. Alt osmium i molybdenitt er derfor et resultat av nedbrytningen av rhenium.

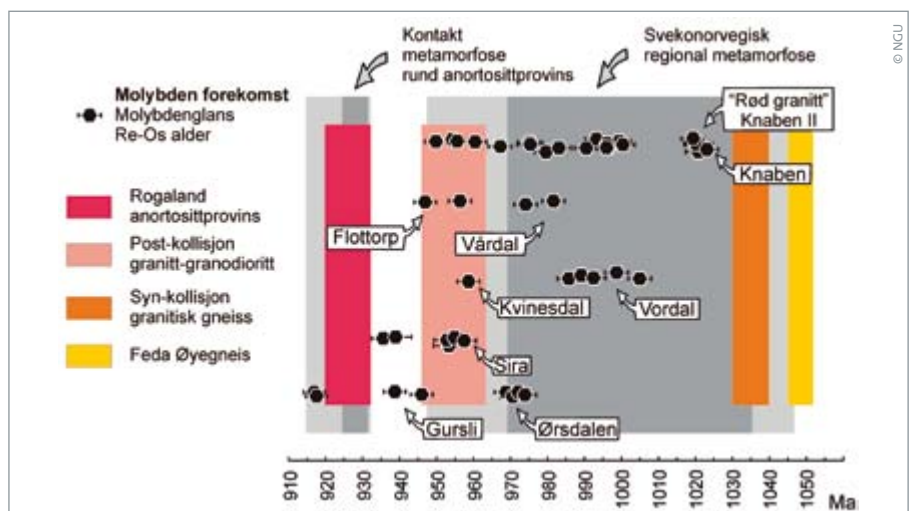
Ved å måle forholdet mellom de to elementene er det derfor mulig å bestemme mineralets og dermed bergartens alder. Usikkerheten i målingene skyldes analytiske usikkerheter, men den er ikke større enn $\pm 0.35\%$. For den en milliard år gamle forekomsten i Knaben betyr dette ± 4 millioner år i usikkerhet.



Aldersdateringer fra tre gruver. Den røde kurven viser sannsynlig alder basert på Re-Os-dateringer av molybdenitt. Vi kan slutte at det har vært tre perioder med maldannelse. Den blå kurven viser dateringer basert på Uran-bly-metoden av zirkon i gneis i Knaben I. Sammenfall i alder viser at det er en sammenheng mellom metamorfosen og maldannelse.



Kart B. Lysberg 1976, Hovedoppgave Univ. Bergen



Alder på molybdenitt basert på Re-Os-dateringer sammenlignet med andre geologiske hendelser i regionen.