

## MINERALI, GENESI E DISTRIBUZIONE

I minerali metallici estratti dall'uomo in miniere e cave sono localizzati sui continenti in zone in cui è avvenuto un arricchimento e concentrazione di sostanze che inizialmente erano disperse in piccolissima percentuale nel basalto primordiale. Questo processo definito minerogenesi è stato un fenomeno di estrazione e concentrazione dovuto a processi geologici durati milioni di anni, che hanno depositato in zone particolari delle terre emerse i minerali utili: localizzati in filoni, vene e depositi sedimentari, oppure intrusi nelle rocce continentali formati per trasformazione di suoli precedenti. La minerogenesi è stata dunque un processo di concentrazione che ha portato alla formazione ed arricchimento dei minerali come risultato di una serie di trasformazioni fisiche e chimiche che si sono verificate nel corso delle varie ere geologiche. Il tempo occorrente può essere variato enormemente fino ad arrivare a molti milioni di anni. La formazione (schematicamente) è avvenuta in tre diverse fasi di trasformazione delle rocce, con tempi geologici diversi, in particolare: magmatico, metamorfico e sedimentario. In ambito magmatico i minerali si possono trovare cristallizzati in profondità o in superficie, all'interno di vene utili, generate da deposizione per temperatura e chimismo diverso esistenti in profondità, i cui picchi di calore sono stati variabili nelle tre fasi geologiche, con temperature che potevano variare dai 900 ai 250°C, mentre in ambito sedimentario i minerali si sono formati per deposizione di molecole disciolte nelle acque o per alterazione di preesistenti minerali. L'energia necessaria alla trasformazione dei processi principali effettuati in profondità è stata fornita dal calore endogeno cioè del calore terrestre, mentre nei processi sedimentari l'energia è stata derivata quasi esclusivamente dall'irraggiamento solare e dei conseguenti movimenti delle acque e del vento creati con fenomeni atmosferici diversi. Quando parliamo di crosta, bisogna distinguere fra crosta oceanica e crosta continentale. Premesso che oltre il 98% in peso della crosta terrestre nel suo totale è formato da soli otto elementi, con netta prevalenza dell'ossigeno e del silicio, tutti gli altri elementi, oltre ottanta, sono dispersi nel rimanente 2 per cento del totale e comprendono i minerali metallici di nostro interesse. Anche nella crosta terrestre continentale, cioè nelle terre emerse il 75% è dato in prevalenza da ossigeno e silicio e nell'insieme è composta logicamente dagli stessi elementi della crosta oceanica ma in concentrazioni locali più elevate in rocce completamente diverse dalle primordiali. I metalli utili sono prevalentemente concentrati in filoni nelle rocce a causa di una serie di trasformazioni e alterazioni che hanno portato alla formazione di composti chimici e minerali differenti dagli iniziali. Crosta continentale e crosta oceanica sono, quindi, profondamente diverse a partire dalla natura delle rocce che le costituiscono. Nella crosta di tipo continentale, cioè nella parte di crosta terrestre che corrisponde alle terre

emerse, bisogna comprendere anche la loro prosecuzione sotto il mare, vale a dire anche gran parte della scarpata continentale.

L'alterazione del materiale lavico della crosta comincia quando il basalto primordiale sgorga fuso ad alta temperatura ai confini fra le placche divergenti della crosta oceanica, sia per la reazione del basalto fuso con l'acqua di mare e la sua successiva, quando si è in parte raffreddato, trasformazione con la reazione di serpentinizzazione: è questa una reazione che sviluppa calore nelle profondità marine e che libera materiale in soluzione che successivamente crea notevoli depositi dolomitici, generando i cosiddetti Lost City. Sono dei depositi di carbonati di calcio e magnesio di origine chimica primordiale, spesso colonizzati da batteri.

Altro elemento di alterazione primordiale del basalto, che genera materiale più spiccatamente metallico, sono i cosiddetti fumaioli neri o Black Smokers. Si tratta di bocche idrotermali aperte sui fondali oceanici, non distanti dalle zone della dorsale oceanica e dalle quali fuoriescono fluidi idrotermali a temperatura relativamente elevata (oltre i 400°C) che allo sgorgare sul fondo oceanico e al loro raffreddamento, liberano una grande quantità di solfuri metallici. Tali fluidi sono originati dalla reazione del magma ultrabasico che viene lisciviato dall'acqua marina penetrata nelle crepe e spaccature che è surriscaldata dal calore crostale; l'acqua fuoriesce dopo avere estratto i metalli sotto forma prevalente di composti formati dallo zolfo legato ad un catione metallico.

I solfuri, e non solo, depositati all'uscita delle crepe, formano delle incrostazioni circolari simili a piccoli coni vulcanici che si innalzano per qualche metro sul fondale oceanico, mentre la gran parte dei metalli contenuti nell'acqua surriscaldata, al raffreddamento, floccula e precipita come una nube nera che dà il nome al fenomeno. Questi precipitati pulverulenti con un lentissimo processo durante molte migliaia di anni si aggregano sul fondo oceanico in noduli polimetallici, praticamente in rocce sedimentarie di tipo chimico, siliceo-metallifere, di forma sferica o lenticolare con un diametro medio pari 5 cm. Anche i coni formati dal depositarsi dei solfuri da cui sgorga la soluzione calda dei Black Smokers, con il tempo crollano e vanno ad arricchire lo strato sul fondo oceanico dei cosiddetti noduli polimetallici, nel contempo se ne formano continuamente degli altri. Gli estratti lisciviati dall'acqua surriscaldata, che formano i noduli, sono caratterizzati da una straordinaria ricchezza di elementi metallici come ferro e manganese (i principali), ma anche di: oro, argento, rame, cadmio, molibdeno, cobalto, sodio, stronzio, zinco, bario, titanio, calcio e nichel.

Queste stratificazioni nodulari di minerali formate sul fondo oceanico si dispongono in modo da formare veri e propri campi che si estendono, intorno alle fumarole degli Smokers anche per decine di km quadrati. I geologi hanno calcolato che i noduli, disseminati sui fondali oceanici derivati da questi

fenomeni, rappresentano una massa che supera di 2000 volte circa quella presente nei giacimenti mondiali di minerali metallici di tutti continenti!

La crosta oceanica basaltica delle placche sottomarine in alcuni punti continua ad espandersi a crescere e a rinnovarsi dove le placche si allontanano, per dare inizio ai fenomeni sopra descritti, e logicamente in altre parti la crosta oceanica vien subdotta cioè scompare inghiottita sotto i continenti. Nella media, la parte che è stata inghiottita ha percorso per molti milioni di anni chilometri sul fondo dell'oceano, raccogliendo i sedimenti alterati e trasportati dalle acque dei fiumi dai continenti fino al mare, ma nel contempo in questi sedimenti terrestri erano stati inglobati anche grandi quantità di noduli polimetallici. Perciò i sedimenti terrestri prevalentemente formati da silicati ormai compattati con inclusi i noduli polimetallici, sono portati in profondità dalla crosta basaltica (spessore medio fra i 5000 -7000 metri), che viene inghiottita, subdotta insieme a strati di centinaia di metri di questi sedimenti continentali litificati. Quando giunge in profondità, la parte dei sedimenti alterati fonde in una massa di peso specifico inferiore al basalto: circa 2,7 contro 3,2 , contenente forti quantità di acqua che la rende fluida e quindi tende a risalire attraverso le rocce preesistenti formando dei Plutoni Granitici (grandi masse rocciose a prevalenza di silicati) che si intrudono nelle rocce preesistenti e con il calore e i fluidi carichi di minerali le modificano e le trasformano; mentre i noduli polimetallici che ormai si sono dissolti nella massa fusa, al raffreddamento del Plutone granitico subiscono una separazione nei vari componenti alle varie temperature creando fluidi di diversa composizione che sono liberati dal raffreddamento di tutta la massa. Infatti si passa dai circa 900°C iniziali ai 250°C passando dalle fase pegmatitica, alla pneumatolitica e alla idrotermale; questi liquidi e vapori liberati alle varie temperature e di diversa composizione si diffondono nelle fratture provocate dal ritiro per raffreddamento della massa, e le soluzioni minerali che hanno delle diverse caratteristiche di solubilità invadono le spaccature, depositano i minerali cristallizzati in vene, tasche e filoni all'interno delle rocce di nuova formazione. Avremo così concentrazioni di minerali metallici nelle rocce; queste quando sono portate in superficie dai movimenti orogenetici, saranno sede delle miniere più o meno profonde create per l'estrazione dei minerali utili, concentrazioni generate ed a volte iniettate nelle rocce circostanti dai plutoni granitici fissandosi anche all'interno della stessa massa rocciosa granitica.