



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## GEOLOGIA ECONOMICA

### ANNA GIONCADA

Anno accademico	2022/23
CdS	SCIENZE E TECNOLOGIE GEOLOGICHE
Codice	052DD
CFU	6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
GEOLOGIA ECONOMICA	GEO/09	LEZIONI	62	SILVIA FORNASARO ANNA GIONCADA

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Il corso intende fornire conoscenze sull'utilizzo dei diversi minerali metallici e industriali e sul loro valore economico, sui processi geologici responsabili della genesi di depositi economicamente sfruttabili, sulla classificazione dei diversi tipi di depositi e sui principi dell'esplorazione mineraria e del recupero del minerale.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Le conoscenze saranno verificate mediante un esame finale orale volto a discutere i contenuti del corso con la terminologia appropriata

##### *Capacità*

Lo studente/studentessa sarà in grado di associare dati geologici, mineralogici, geochimici alle principali tipologie di deposito minerario e alle facies di alterazione associate e di interpretare criticamente le risorse bibliografiche su un'area mineraria.

##### *Modalità di verifica delle capacità*

Lo studente/studentessa dovrà esporre e discutere oralmente, dimostrando capacità critica, un report su un caso di studio, durante l'esame finale

##### *Comportamenti*

Lo studente/studentessa acquisirà consapevolezza dell'importanza di minerali e rocce come materie prime e delle problematiche legate al loro sfruttamento; acquisirà comportamenti in accordo con la necessità di garantire l'utilizzo sostenibile delle risorse naturali

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Discussioni durante il corso e durante l'esame finale

##### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Conoscenze di base, acquisite con la laurea triennale, di geologia, mineralogia, geochimica.

##### *Indicazioni metodologiche*

Il corso comprende lezioni frontali, attività pratiche e uscite sul terreno. La frequenza è consigliata. L'apprendimento avviene tramite:

- partecipazione alle lezioni
- partecipazione alle discussioni (inquiry-based learning)
- studio individuale
- partecipazione alle attività pratiche
- partecipazione alle uscite sul terreno
- ricerca bibliografica



## UNIVERSITÀ DI PISA

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Provenienza geografica delle materie prime. Esempi del valore economico di alcuni minerali industriali e metallici di uso comune. Terminologia: risorse e riserve, ore mineral, minerali industriali e minerali metallici, minerale di cava e minerale di miniera. La legislazione mineraria italiana. Fattori che rendono un deposito economicamente interessante. Concentrazione media nella crosta terrestre e concentrazione minima sfruttabile. Come si descrive un deposito: singenetico/epigenetico, morfologia dell'orebody e relazioni con le rocce che lo ospitano.

La classificazione dei depositi sulla base della genesi (Robb, 2005; Pohl ed. 2005). Altre classificazioni (Dill 2010; Lindgren, 1955).

Giacimenti formati dalla concentrazione di elementi per processi magmatici in magmi basici e ultrabasici: Cr, Ni, V, PGE (Platinum Group Elements); cenni sugli usi e sul valore economico. I depositi a cromite e a solfuri di Ni e PGE del complesso magmatico di Bushveld, Sudafrica: processi genetici. Le diverse categorie di depositi di Ni e PGE ortomagmatici. L'esempio di Norilsk (Siberia). I depositi di Ni e PGE in komatiiti. I depositi di Ni e PGE di Sudbury (Canada).

I giacimenti di diamanti in placers e in rocce kimberlitiche e lamproitiche. Diamante, bort, carbonado. Criteri per il valore delle gemme. Principali paesi produttori. Tessitura e composizione mineralogica delle kimberliti. Morfologia e taglia dei camini kimberlitici e facies vulcaniche e ipoabissali. L'utilizzo dei minerali indicatori nell'esplorazione per diamanti. Diamanti come xenocristalli nelle kimberliti. Considerazioni sulla genesi delle kimberliti diamantifere.

I depositi porphyry copper. Metalli che se ne ottengono e concentrazioni sfruttabili; modello di Lowell-Guilbert e facies di alterazione caratteristiche (potassica, sericitica/fillitica, argillitica, propilitica); profondità di formazione del deposito; meccanismi di formazione della mineralizzazione a solfuri di Cu: cooling e boiling del fluido magmatico-idrotermale; origine magmatica dei fluidi, dei metalli e dello zolfo nei porphyry copper; ruolo dell'intrusione porphyry. Fattori determinanti lo sviluppo di depositi porphyry copper negli archi magmatici: l'importanza della precoce cristallizzazione di magnetite per la saturazione in una fase ricca in S e lo stoccaggio di Cu nelle radici degli archi magmatici. Tempi della mineralizzazione. I "porphyry copper systems" nel senso di Sillitoe (2010). L'arricchimento supergenico nei depositi porphyry copper: distribuzione di solfuri e ossidi di Cu con la profondità in relazione all'azione dei fluidi supergenici, conseguenze sulla risorsa di Cu. I depositi porphyry Cu-Mo e Cu-Au, Au-Cu.

Evoluzione dei fluidi dal porphyry copper ai depositi epitermali. I depositi epitermali high sulfidation. L'esempio di Far Southeast e Lepanto e il legame tra depositi porphyry copper e high sulfidation. Le facies di alterazione sericitica/fillitica, argillitica, argillitica avanzata, silicica (vuggy silica) e i minerali secondari indicativi di T e/o pH dei fluidi o di boiling: minerali argillosi, biotite, alunite, adularia.

I depositi epitermali intermedie e low sulfidation. Meccanismi di formazione di rocce silicizzate nell'alterazione idrotermale. Le indicazioni tessiturali di boiling.

Lettura dei diagrammi concentrazione-tonnellaggio (grade-tonnage plots).

Cenni sui meccanismi della circolazione idrotermale rilevanti per la formazione di giacimenti.

Depositi a solfuri metallici originati da fluidi idrotermali di origine marina: volcanic-hosted massive sulfide o VHMS (Cu, Cu-Zn, Zn-Pb-Cu), sedimentary-exhalative o SEDEX (Zn-Pb). Classificazione dei depositi VMS sulla base delle litologie associate, legame con diversi ambienti geodinamici e conseguenze sull'abbondanza relativa di Cu, Zn e Pb nel deposito. Depositi idrotermali di barite di tipo esalativo formati in ambiente marino.

Depositi legati a fluidi idrotermali originati da acque connate: stratiformi sediment-hosted Cu-Co (SSC), Mississippi-Valley-type Zn-Pb (MVT). I depositi "sediment-hosted replacement Au" di tipo Carlin: relazioni con le rocce incassanti, associazione mineralogica, alterazione associata, controverse ipotesi genetiche. Cosa significa "oro invisibile". La relazione tra Au e As nella pirite arsenifera. Depositi legati a fluidi idrotermali con componenti derivati da processi metamorfici, in ambiente orogenico: orogenic Au.

Costruzione di un diagramma paragenetico.

Cenni sui depositi a metalli legati a circolazione di acque meteoriche: U-V.

Depositi minerari placers e paleoplacers. L'esempio di Witwatersrand: storia dello sfruttamento, caratteristiche della regione mineraria, le ipotesi genetiche di placer e modified placer.

Processi di weathering e lisciviazione e rocce residuali utili. Lateriti, bauxiti, caolini. Un elemento importante ottenuto dalle bauxiti: il Ga. Le lateriti come giacimenti di Ni. L'idratazione del vetro vulcanico e la formazione di perliti; caratteristiche che rendono utili perliti e pomici.

Depositi minerari idrogenetici: Fe (Banded Iron Formations, classificazione sulla base dell'ambiente e dell'età di formazione; ironstones); Mn (cenni sulla classificazione dei depositi di tipo idrogenetico e idrotermale); fosforiti. Le evaporiti continentali e la formazione di giacimenti di Li e B. Le

Terre Rare (REE): importanza economica, giacimenti (placer, carbonatiti, pegmatiti). I depositi iron oxide-apatite. L'importanza dei processi di immiscibilità liquido silicatico-liquido ricco in Fe nei sistemi magmatici per la concentrazione di elementi. El Laco. I depositi di tipo IOCG, iron oxide-copper-gold: caratteristiche e cenni sulle ipotesi genetiche. Elementi considerati materie prime "critiche" per l'economia europea. I rapporti della Commissione EU "Critical Raw Materials".

L'esplorazione mineraria: concetti generali; gli stadi dell'esplorazione mineraria. Il caso Bre-X e la necessità di linee guida per la stesura dei report tecnici. I rapporti tecnici secondo i principi attualmente condivisi, la Qualified Person. Raccolta e interpretazione di dati geochimici nell'esplorazione mineraria. Indici di alterazione e box diagrams.

L'arricchimento del minerale estratto: il concentrato. La separazione per flottazione. L'importanza della microstruttura. Cenni sul trattamento di minerali di Cu, Zn, Pb, Au.

Domini, province e distretti metallogenici. Epoche metallogeniche. Metallogenesi e ambienti tettonici. Toscana meridionale: le mineralizzazioni Sb-Au e il confronto con il modello Carlin-type. Discussione sulla metallogenesi in Toscana meridionale

L'osservazione di rocce alterate: principi e esempi. L'osservazione di minerali "ores" in microscopia a luce riflessa: principi di metallografia ed discussione di esempi da rocce mineralizzate.

### Bibliografia e materiale didattico

- Kesler & Simon (2015) Mineral resources, economics and the environment. Cambridge
- Ridley (2013) Ore deposit geology Cambridge. 398 p.
- oppure: Pohl WL (2011) Economic Geology: Principles and Practice. Blackwell.
- oppure: Robb L. (2005) Introduction to ore forming processes. Blackwell Publishing, 373 p.
- Moon C. J., Whateley M. K.G. & Evans A. M. (2006) Introduction to Mineral Exploration Blackwell Publishing, p. 499
- Taylor R. (2009): Ore Textures - Recognition and Interpretation. Springer
- Pracejus B. (2008) The Ore Minerals Under the Microscope - An Optical Guide. ATLAS IN GEOSCIENCE, 3, Elsevier



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

- Spry, P.G. and Gedlinske, B.L. (1987): Tables for the Determination of Common Opaque Minerals. Economic Geology.

### Indicazioni per non frequentanti

Rivolgersi al docente all'inizio del corso e fornire un recapito email per ricevere il materiale didattico

### Modalità d'esame

Esame finale orale con voto, con discussione di un articolo scientifico su un caso di studio

### Altri riferimenti web

Moodle

### Note

Nel caso di studenti che lo richiedano, il corso potrà essere erogato in lingua inglese, con slides in italiano e in inglese.

*Ultimo aggiornamento 30/07/2022 12:02*